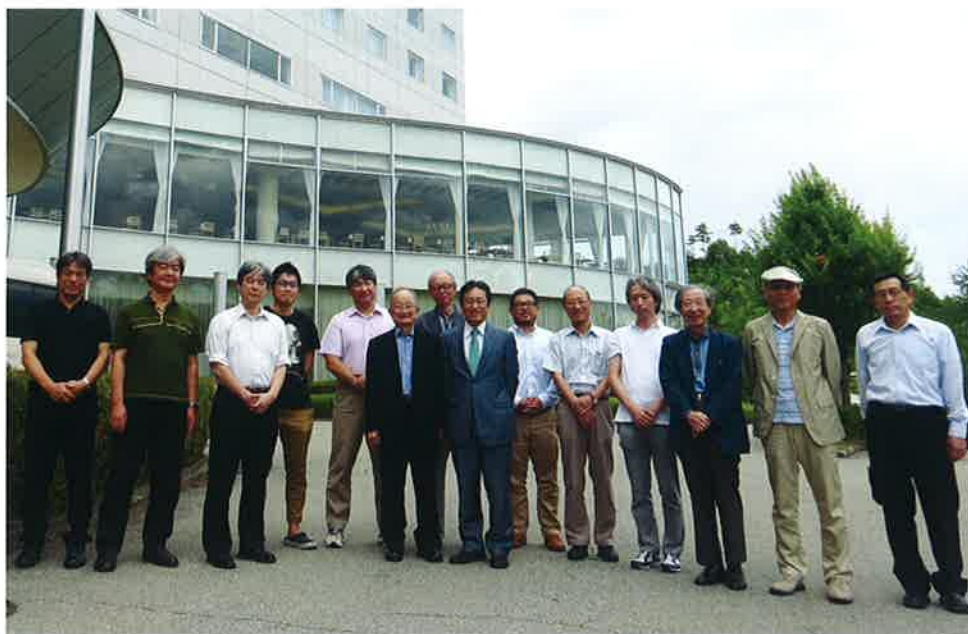


## 第17回 Kフォーラム ざっくばらんフォーラム 「今のこれからのロボット・人工知能・脳科学」

**日時** 平成29年8月17日(木)～19日(土)

**場所** ホテルアソシア高山リゾート



### 開催趣旨

第17回Kフォーラム実行委員会 世話人代表  
名古屋大学・豊橋技術科学大学・愛知県立大学 名誉教授 稲垣 康善

1997年に第1回ロボカップが名古屋で開催されて20年、今年(2017年)21回目のロボカップが名古屋に戻って来ます。先日名古屋南大津通の松坂屋百貨店で、ロボカップの宣伝に出向いていたロボットにお目にかかりました。世界を回って20年、隔世の感のロボットの動きに子供たちが興味津々の様子でした。昨今、IoT、ビッグデータ、AI、ロボットと情報技術の社会への浸透はとどまるところを知らないように見えます。私たちは、ロボットと共生する

日常への戸口に立っているのかもしれませんが。しかし、まだまだその戸を開くには、いくつかのブレークスルーが必要なのではないのでしょうか。技術的にもまた人間的観点からも。日頃、ロボット、人工知能、脳科学など関連の研究に精魂を傾けておられる研究者の方々に集まっていただき、ゆっくりと自由に、ざっくばらんに楽しみながら討論していただき、今をまた先を見る何かを持ち帰っていただければよいと思います。

## プログラム

### ◇8月17日(木)

- 14:00 フォーラム開会
- 14:00 世話人代表 挨拶  
世話人代表 稲垣 康善(名古屋大学・豊橋技術科学大学・愛知県立大学 名誉教授)
- 14:00 「数理脳科学と人工知能」  
甘利 俊一(理化学研究所 脳科学総合研究センター 特別顧問)
- 15:15 「拘束条件付き自己組織化理論とその応用」  
津田 一郎(中部大学 創発学術院 教授)
- 17:15 「意識の境界問題に対する数理的アプローチ」  
大泉 匡史(株式会社アラヤ 技術部R&Dグループ マネージャー)
- 18:30 討論

### ◇8月18日(金)

- 10:00 フォーラム開始
- 10:00 「ヒト胎児・子宮モデルを用いた発達再構成実験および人間的な心の構成要件について」  
國吉 康夫(東京大学大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻 教授)
- 11:30 「ディープラーニングを用いたロボットの運動・言語学習」  
尾形 哲也(早稲田大学 基幹理工学部表現工学科 教授)
- 12:30 午前討論
- 14:15 「自発活動する計算機」  
高橋 宏知(東京大学 先端科学技術研究センター 講師)
- 15:30 「神経ネットワークダイナミクスから探る精神疾患のメカニズム」  
高橋 哲也(福井大学 保険管理センター 准教授)
- 16:30~16:50 コーヒーブレイク
- 16:50 「盲視から探る意識の脳内メカニズム」  
吉田 正俊(生理学研究所システム脳科学研究領域認知行動発達研究部門 助教)
- 18:10 午後討論

### ◇8月19日(土)

- 8:30 フォーラム開始
- 8:30 「概念工学としての哲学:Ethics without responsibilityの試み」  
戸田山 和久(名古屋大学大学院情報学研究科 教授)
- 10:30 「多層NNモデルによる色の階層的情報表現の獲得」  
白井 支朗(豊橋技術科学大学 名誉教授)
- 11:20 討論

## フォーラムへのコメント

自由にざっくばらんに楽しみながら討論を 稲垣 康善(名古屋大学・豊橋技術科学大学・愛知県立大学 名誉教授)

今朝の日経朝刊の「AIの衝撃 揺れる棋界、その『思考』を捉えたい」という記事に目がとまった。最強の棋士に勝利するようになった囲碁、将棋のコンピュータ・プログラムはこれまで人間が思いも及ばなかった手を指して見せ、また人間が切り捨てた戦術を発掘し再び光を当てた。さらには、ブラックボックスのように思われる AI プログラムの思考過程を明らかにしようとする試みが始まったという。すでに AI の思考を分かりやすく示す機能を備えたソフトが詰め碁の分野で登場していて、パンダネットの AI「パンダ先生」は誤った回答を入力すると相手の応手を表示してなぜ誤ったかを瞬時に分析して示すということだ。(こんな記事が一般紙にも登場するようになった。) 確かに、AI プログラムが正解を示し、誤りを指摘するかもしれないが、果たしてそれで AI の思考が分かったといえるのか、そうして AI は人間の思考を越えたと言うのだろうか。そう思うと、「人間の思考と

は?」、「人の脳の中では何が起きているのだろうか?」、「深層学習と強化学習で作られたソフトの思考は?」、「AI を装着した



ロボットを人はどのように理解するのか?」などと、今まで何度も問うた疑問が頭に浮かびます。

昨今、ロボット、AI、ビッグデータ、IoT と情報技術の社会への浸透は止まるところを知らないように見えます。情報の科学、技術はどこに集約され、これからどのような展開をしていくのでしょうか。幸いにも今回、日頃ロボット、人工知能、脳科学など関連の研究に精魂を傾けておられる研究者の方々に集まって頂くことができました。ゆっくりと自由に、ざっくばらんに楽しみながら討論を展開していただき、今をまた先を見る何かを持ち帰っていただければよいと思います。

## Kフォーラムへのコメント

浅田 稔(大阪大学大学院 工学研究科 教授)

情報科学は多様な分野との接点を持ち、まさに学際的な学問分野ですが、そのさまざまな曲面で、種としてのヒト、個体としての人、社会的環境での人間のありようを議論することは、今日の AI やロボットの興隆を考えると重要です。

そこで、今回のフォーラムでは、このような議論が可能の方々にご参集頂きました。すでに、我々の人間社会に導入されている人工システムですが、もし人工システムが人間の心のような機能を持てるとすれば、その要件は何でしょうか? この基本課題に対して、数理脳科学と人工知能の視点からのオーバービュー、そして、数理解析的な観点からの自己組織化原理、さらに自己組織化課題の大きな課題としての意識とその境界について、最初に議論します。発達やその障害の観点から、人工システムや人間の発達障の関係を概観し、それらに対応

する計算論の枠組みから、深層学習や再帰的神経網の限界と可能性を検討します。さらに人間の精神疾患のメカニズムや盲視から探る動物の意識の問題などに広げ、理論やシミュレーションと実際の対比を議論します。最後に、人工システムが人間社会に及ぼす影響として、倫理や法制度の課題を検討します。



また、深層学習の原点としての多層 NN の機能について検討します。一見、ばらばらに見える諸課題ですが、実は根底で密に繋がっており、それらの解決に向けたチャレンジが、次代の情報科学のはじまりであると期待して、今回のフォーラムに臨みます。

## 脳科学、ロボット工学から見るインタラクション

間瀬 健二(名古屋大学大学院情報学研究科 教授)

人間は、コミュニケーション、熟達、創造、情動、思考を特徴とする動物である。脳、ロボット、人工知能の研究によりその特徴とする能力の理解に少しでも近づけたなら、と思う。

とりわけ、人間同士、あるいは人間と機械のインタラクション(相互作用)は、その能力を理解するための大きな手がかりであるし、いずれもインタラクション無しでは成り立たないものである。そ

ういう知の源泉であり表出であるインタラクションを、ロボットの構成論的立場と脳科学の立場から掘り下げて、因果関係を探索できる時代に感謝する。情報の生き生きした意味と価値を探索するフォーラムになることを期待します。



## RoboCup2017名古屋世界大会 2017年7月27日～30日



平成29年7月27日(木)から30日(日)にかけて、RoboCup2017名古屋世界大会がポートメッセなごやで開催されました。当財団は第一回ロボットサッカーにかかわったことで、今回スポンサーとして参加させていただきました。今回は42カ国の大学・研究機関など392チームが参加し、人工知能で動くロボットによるサッカーや災害時の救助活動など5競技がおこなわれました。来場者は3日間で約13万人でした。会場はかなり盛り上がり、最近のAIへの注目度を目の当たりにした感じでした。

## 平成29年度 助成事業報告

### 平成29年度選考委員会

平成29年10月28日(土)キャッスルプラザ 1階「ローズガーデン」で選考委員会を開催いたしました。

平成29年度の応募状況は、研究助成に165件、フォーラム・シンポジウム等開催助成に27件の応募となりました。

選考は申請された研究内容、フォーラム・シンポジウム内容について検討を行い、研究助成で21件、フォーラム・シンポジウム等開催助成で6件採択されました。

研究助成総額2,000万円、フォーラム・シンポジウム等開催助成総額200万円となりました。



選考委員の方々

# 平成29年 助成金交付者とテーマ

(所属は申請書提出時のもの(敬称略))

## 研究助成

- ◆光周波数多重化による大規模量子コンピューティング実現に向けた実験研究  
生田 力三(大阪大学大学院基礎工学研究科物質創成専攻 助教)
- ◆仮想データストリームを用いた分散型ビッグデータ処理基盤の構築  
義久 智樹(大阪大学サイバーメディアセンター 准教授)
- ◆細胞内情報伝達を解明するための情報理論的解析手法の開発  
宇田 新介(九州大学生体防御医学研究所附属トランスオミクス医学研究センター統合オミクス分野 准教授)
- ◆深層強化学習を用いた筋骨格系主体の発達の運動学習  
田中 一敏(東京大学情報理工学系研究科 特任研究員)
- ◆インフラ自動点検のためのマルチモーダルセンサを用いたオンライン診断  
藤井 浩光(東京大学大学院工学系研究科・精密工学専攻 特任講師)
- ◆運動学習能力に関わる神経機構の包括的理解と効果的な運動療法の提案  
瀧山 健(東京農工大学工学研究院先端電気電子部門 特任准教授)
- ◆単元型を持つ概外延的な型理論の操作的意味論と型検査アルゴリズム  
赤間 陽二(東北大学大学院・理学研究科数学専攻 准教授)
- ◆自動運転時の運転介入によるEnd-to-End車両制御学習  
竹内 栄二郎(名古屋大学大学院情報学研究科知能システム学専攻 准教授)
- ◆Overlearningによる記憶の定着を可能とする学習手法の確立  
小林 泰介(奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 助教)
- ◆神経ネットワークダイナミクスに着目した経頭蓋直流刺激の作用メカニズムの解明  
高橋 哲也(福井大学保健管理センター 准教授)
- ◆モノラル受聴した音響信号からの音源方向・距離推定  
鵜木 祐史(北陸先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科・情報科学系 教授)
- ◆耳鳴り機序の情報論的理解と予測モデルに基づく異常な神経活動の抑制  
舘野 高(北海道大学大学院情報科学研究科生命人間情報科学専攻 教授)
- ◆視野領域の差異によるVR視聴時の生体影響  
松浦 康之(岐阜市立女子短期大学国際文化学科 講師)
- ◆情報科学の進展と金融市場の効率性に関する研究  
高橋 大志(慶應義塾大学大学院経営管理研究科 教授)
- ◆法令作成自動化のための大規模条例データのクラスタリング  
角田 篤泰(中央大学研究開発機構機構 教授)

- ◆ 矛盾許容モデル検査の基礎と応用  
上出 哲広(帝京大学理工学部・情報電子工学科 准教授)
- ◆ 言語資源と画像資源を活用したゼロショットでの映像検索  
植木 一也(明星大学情報学部情報学科 准教授)
- ◆ ドローン空撮映像からの深度画像生成およびDenseSLAMへの応用  
尾山 匡浩(神戸市立工業高等専門学校電子工学科 准教授)
- ◆ BrainComputerInterfaceを使った高齢者向け運動認知訓練評価システムの開発  
中井 敏晴(国立研究開発法人国立長寿医療研究センター神経情報画像開発研究室 室長)
- ◆ 複素数拡張された制限ボルツマンマシンに基づくテキスト音声合成  
高木 信二(国立情報学研究所コンテンツ科学研究系 特任助教)
- ◆ 脳内の情報統合の定量化による意識・無意識の理解と意識レベルの判定  
大泉 匡史(株式会社アラヤ技術部R&Dグループ マネージャー)

## フォーラム・シンポジウム等開催助成

- ◆ The2018ConferenceonArtificialLife,ALIFE2018人工生命国際会議  
池上 高志(東京大学大学院総合文化研究科 教授)
- ◆ 第19回IEEE広島支部学生シンポジウム(HISS)  
中西 功(鳥取大学大学院工学研究科・(兼IEEE広島支部支部長) 教授)
- ◆ ACMInternationalConferenceonMultimediaRetrieval(ICMR)  
佐藤 真一(国立情報学研究所 教授)
- ◆ The17thIEEEInternationalConferenceonPervasiveComputingandCommunications  
(IEEEPerCom2019)  
「第17回パーベイシブコンピューティングとコミュニケーションに関する国際会議2019」  
安本 慶一(奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科ユビキタスコンピューティングシステム研究室 教授)
- ◆ 第24回ヴァーチャルリアリティのソフトウェアおよび技術に関するACM国際シンポジウム/  
24rdACMSymposiumonVirtualRealitySoftwareandTechnology  
森島 繁生(早稲田大学先進理工学部 教授)
- ◆ ユニバーサル音コミュニケーション国際シンポジウム2018  
(InternationalSymposiumonUniversalAcousticalCommunication2018)  
鈴木 陽一(東北大学電気通信研究所 教授)

# フォーラム・シンポジウム等開催助成完了報告

(いずれも提出原文のまま、所属は提出時のもの)

## ■ 共通鍵暗号系に関する国際会議2017 (Fast Software Encryption, FSE2017) K27FSXX第107号

開催責任者：岩田 哲(名古屋大学大学院 工学研究科 准教授)  
開催期間：平成29年3月5日～平成29年3月8日  
会場と所在地：東京国際フォーラム 東京都千代田区丸の内3丁目5番1号  
参加人員：136名

### <成果>

会議プログラムはウェルカムレセプション、招待講演、一般講演、バンケット、研究速報などからなるランプセッションであった。招待講演はAESとSHA-3の両方の設計にかかわったJoan Daemen教授と、CamelliaとCLEFIAの設計にかかわった盛合 志帆博士であり、長年の経験に基づいた貴重な講演をしていただいた。一般講演では査読を通過した45件の発表があり、共通鍵ブロック暗号の設計と安全性解析、ストリーム暗号、暗号化方式、メッセージ認証コード、暗号学的置換、認証暗号化

方式、解析・評価ツール、実装に関する問題点とその解決策など、共通鍵暗号技術全般にわたる最先端の研究成果の発表が行なわれた、例年FSEと同様、いずれの研究成果も質が高く、優れた研究成果の発表が行なわれた。例年のFSEと同様、いずれの研究成果も質が高く、優れた研究成果の発表が行われた。研究速報の発表からなるランプセッションでは17件もの発表があった。参加者は全体で136名であり、うち外国からの参加者は107名であった。

## ■ The23rdIEEEInternationalSymposiumonLocalandMetropolitanAreaNetworks (IEEELANMAN2017) (第23回ローカルとメトロポリタンエリアネットワークに関する国際会議) K28FSXXI第109号

開催責任者：長谷川 亨(大阪大学大学院情報科学研究科 教授)  
開催期間：平成29年6月12日～平成29年6月14日  
会場と所在地：大阪大学中之島センター(大阪市北区中之島4-3-53)  
参加人員：81名(内訳国内39名、国外42名)

### <成果>

Internet of Things (IoT)、モバイルエッジコンピューティングなどの、ネットワークアーキテクチャのイノベーションに寄与する研究成果が、8つのセッション、2つのポスター・デモセッションで発表され、活発な議論が行われた。また、IoTに関する基調講演において、ネットワークの将来像の一つが示された。

貴財団からの助成などをもとに、技術レベルの高い2件の基調講演、デモ・ポスターセッションなどが企画でき、ネットワーク分野の若手研究者や技術者の研究レベルの向上やコミュニティ形成に大きく寄与できたと考えてい

る。特に、ポスターセッションにおいて、多数の学生をはじめとする国内若手研究者が発表し、IEEE ComSocの援助を得て1名の海外の学生に交通実費を補助するなど、若手研究者の育成に貢献できた。

会議全体としても、本会議は採択率30%程度の低い採択率を誇っており(フルペーパー34.2%(25/73))、レベルの高い国際学術会議が開催できたと考えている。また、デモ・ポスターにおいても合計27件の展示のうち、13件が海外からの展示と、グローバルな国際学術会議が日本で開催できたものと思われる。

## ■20163rdInternationalConferenceonUniversalVillage(UV2016)

和文名:第3回ユニバーサルビレッジ国際会議2016

K28FSXXI第111号

開催責任者:二宮 芳樹(名古屋大学 未来社会創造機構 特任教授)

開催期間:平成28年10月6日~平成28年10月8日

会場と所在地:名古屋大学東山キャンパス 豊田講堂(名古屋市千種区不老町)

参加人員:148名

### <成果>

2016年10月6日(木)~10月8日(土)に豊田講堂において、20163rdInternationalConferenceonUniversalVillage(UV2016)(和文名:第3回ユニバーサルビレッジ国際会議2016)を開催した。

6日の基調講演では、九州大学副学長の安浦寛人理事、マサチューセッツ工科大学のBerthhold k. p. Horn教授、北京航空航天大学のLV Weifeng教授が、ICT、環境等の観点から都市の持続性について講演を行った。その後、Backcasting from Future Societyとして、MITメディアラボのAgnis Stibe博士、名古屋大学の森川高行教授が、都市の将来像に向けての講演を行った。特別講演として、元米国国務長官科学技術顧問のWilliam Colglazier博士、文部科学省参与の武田修三郎博士、九州大学副学長の安浦寛人理事、東北大学の中尾光之教授、北海道大学の長谷山美紀教授、名古屋大学の松尾清一総長による講演とパネルディスカッションを行った。

7日のメイヤーズフォーラムでは、豊田市長の太田稔彦氏、スペインマドリッドからMiguel Arana Catania氏の講演と本学の森川教授、学生2名を加え、パネルディスカッションを行った。学生フォーラムでは米国、中国、スイス、日本から14名の学生が一日かけてワークショップを

行い、Universal Village実現に向けての提言を行った。セッションは交通/都市、健康/福祉、コミュニティ、環境、情報、エネルギー、特別セッションの7つを重要検討領域とし、計60件の発表を行った。

8日(土)のテクニカルツアーでは、名古屋COI拠点の研究実証フィールドである豊田市足助町を訪問し、研究成果の紹介と地域の伝統行事に参加した。

セッションでは、7カテゴリー(①交通・都市、②健康/福祉、③コミュニティ、④環境、⑤情報、⑥エネルギー、⑦特別セッション)を重要検討領域として設定し、16セッションに細分し、計60件の発表を行った。

主要セッションであるIntelligent Transportationでは、新たな交通の知能化の姿として、ダイナミックマップの提案と、混合交通下での隊列走行システムのコア技術について名古屋大学から招待講演を行い、名古屋COIの成果を示すとともに、センサネットワーク、知的照明システム、知的監視システムなどの世界各地からの最新動向を共有し、議論できた。

今回は、2018年九州での開催を予定しており、同年5月8日~10日に福岡で開催されるアジア太平洋地域

ITSフォーラムと連携し、より大きな活動として展開する方向で議論を進めている。



## ■第18回形式工学手法に関する国際会議(ICFEM2016)

### 18thInternationalConferenceonFormalEngineeringMethods(ICFEM2016) K28FSXXI第112号

開催責任者：劉少英(法政大学情報科学部 教授)

開催期間：平成28年11月14日～平成28年11月18日

会場と所在地：TKP市ヶ谷カンファレンスセンター(東京都新宿区市谷八幡町8)

参加人員：104名

#### <成果>

世界16か国104名の参加者を東京に迎えて、3つのワークショップと1つのチュートリアルならびに、本会議においてはコンピュータ・システムの生産性に向上させ、高信頼性と安全性を保証する最新の理論、言語、手法、支援ツール、技術などに関する27本の研究発表が行われた。さらに、カナダ、アメリカ、日本の研究者による基調

講演と4人のパネリストを迎えてのパネル・ディスカッションがあり、日本企業からの参加者のみならず海外の企業からの参加者、ならびに大学や研究機関の研究者との間で活発な議論のやり取りがあった。ICFEM2017が西安(中国)で開催されることが告げられて、盛会のうちにICFEM2016は終了した。

## ■5thIPSJInternationalAIProgrammingContest:SamurAICoding2016-17

### (第5回情報処理学会国際人工知能プログラミングコンテスト:SamurAICoding2016-17) K28FSXXI第113号

開催責任者：鷺崎 弘宜(早稲田大学 教授)

開催期間：平成29年3月17日～平成29年3月17日

会場と所在地：名古屋大学東山キャンパス 坂田平田ホール(愛知県名古屋市千種区不老町)

参加人員：60名

選手：20名(決勝進出16チーム)

一般参加者：17名

スポンサー：9名

関係者：14名

#### <成果>

学生および若干技術者の育成を目的として、世界規模の対戦型プログラミングコンテスト「SamurAICoding2016-17」を開催した(オンライン予選と決勝戦)。2月11日AoE(日本時間2月12日 20:59)を締切としたオンライン予選には、様々な国々から計136チームの参加があった。

決勝戦には、全16チーム22名が予選結果から

選抜され、2017年3月17日(金)に名古屋大学東山キャンパスで第79回全国大会イベント企画として決勝戦を開催した。また決勝戦を全国大会参加者が自由に観覧できるようにすると同時に、懇親会には予選敗退チームも招待し、参加者およびスポンサーを含む関係者間の交流とプログラミング学習・スキル向上およびコンテストの取り組みの認知向上・広がり寄与するように努めた。

# 研究助成完了報告概要

(いずれも提出原文のまま、所属は提出時のもの)

## ■超近接閲覧に耐えうる高解像度プロジェクションマッピングの研究

K26研XIX第432号

岩井 大輔(大阪大学大学院基礎工学研究科システム創成専攻 准教授)

本研究課題は、非平面对象へのプロジェクションマッピングにおける投影結果の空間解像度を向上させることを目指し、(A)高速焦点変調および(B)複数台投影のアプローチの有効性を明らかにした。

まず(A)について、高速焦点変調レンズを、画像投影のON/OFFを高速切り替え可能なプロジェクタに取り付けたシステムを構築した。そして、合焦距離を投影シーン中で高速にスイープさせ、投影レンズから対象面までの距離と合焦距離が一致したときのみ映像をONにする手法を実装し、常に焦点ボケなしに映像表示することを実現した。一方、この手法では、上記の距離が一致したときのみONにするため、投影されている時間が極端に短くなってしまい投影輝度が減衰するという問題が生じる。そこで、対象面をレンズからの距離を元にクラスタリングし、クラスタ毎にその平均距離で長時間合焦させるという手法を考案した。クラスタ数と画質について調査を行い、空間解像度と投影輝度のトレードオフの関係を明らかにした。

次に(B)では、複数台のプロジェクタを、対象面上で重なり合うように設置し、対象面上の各点で、その点に最も高解像度に投影できるプロジェクタを選択する技法を研究した。具体的には、使用するプロジェクタの前に平面を

置いてドットを投影し、その距離と入射角を変化させたときの投影ドットの形状をあらかじめ計測しておく。次に、投影対象とプロジェクタとの位置姿勢関係から、対象面上の各点で、投影ドットがどのような形状になるのかを上記の計測データから求める。そして、この投影ドット(即ち、点拡がり関数)と投影画像との畳み込み演算によって投影結果を推定する。この処理をシステム中の全てのプロジェクタに対して行ったあと、推定された投影結果で最も高空間解像度で画像を表示できるプロジェクタを選択する。実際に投影実験を行って、従来技法(投影ドットのサイズを基準にプロジェクタを選択する)よりも高解像度に映像投影できることを確認した。

今後予想される効果としては、(A)と(B)の技法を組み合わせ、複数台のプロジェクタに高速焦点変調レンズをとりつけることで、より効果的な高解像度投影が実現できることとなる。これによって、室内の日常空間で拡張現実感を実現する際に前提となる、近接閲覧にも耐えうるプロジェクションマッピングの実現が見込まれる。

以上の研究成果は、1件の和文ジャーナル、1件の国際会議招待講演、2件の国内会議発表として報告を行った。

## ■多状態イベントヒストリ分析に基づく細胞動画からのデータマイニング手法の開発

K26研XIX第433号

瀬尾 茂人(大阪大学大学院情報科学研究科 助教)

### 【実施内容】

近年、機器制御の自動化やイメージング技術の発展などの要因により、ハイコンテンツスクリーニング(High Content Screening)と呼ばれる技術が注

目されている。これは、細胞や組織を対象として、外観の変化に加えて遺伝子の発現やタンパク質の局在等を含む大量の情報を、様々な実験条件で高並列かつ長時間の動画として取得する技術である。図1は、現在申請者が解析に取り組んだデータの一例であるが、細胞周期を可視化する技術である。細胞周期の推移と癌細胞の増殖・浸潤などには深い関連性があることが知られており、この技術は例えば抗癌剤の開発や機序の解明のために用いられている。解析にはまず細胞の位置と状態を追跡する必要があるが、大量に得られたデータ全てを手手で処理することは困難であるため、まず申請者らは

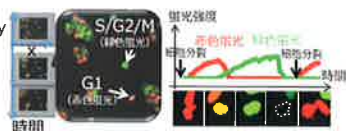


図1. Fucci (Fluorescent Ubiquitination-based Cell Cycle Indicator)による細胞周期の可視化。細胞は時期特異的に発現する赤色と緑色の蛍光タンパク質により標識され、その色相により各々の細胞が細胞周期のどの時期にあるかを判断できる。

これらを自動化するアルゴリズムの実装を行った。また、上述の方法によって得られたデータ(様々な実験条件下で細胞の状態がいつどのように変化していくかが示された大量の時系列データ)に対してデータマイニングを行う方法論の開発を行った。

### 【成果】

本研究ではパーティクルフィルタと呼ばれる方法を拡張し、複数の細胞を同時に追跡する方法を開発した。今回開発した方法の独自性は、従来の方法は細胞の動きだけを追跡するものであったのに対し、各細胞の細胞周期の状態推定と細胞の位置の状態推定を相補的に行う点である。これによって各細胞の位置の変化だけでなく状態の変化も同時に推定され、また細胞追跡の精度も向上させることが出来た。また、時空間的な要素とイベントの発生を定量的に評価するための方法を開発した。本研究では生存時間分析(Survival Analysis)のアイデアを応用した。基本的な生存時間分析では特定のイベントの発生率と経過時間に群間で有意な差があるかを検定するもので、つまり2状態の変化を分析するものであ

るが、これを多状態に適用可能なように拡張し、発生するイベントの種類や、発生までの状態変化(細胞周期の各位相の滞在率等)の違いを比較可能とする方法を開発した。

#### 【今後予想される効果の概要】

ハイコンテンツスクリーニング(HCS)は、特に人工多能性幹細胞(iPS細胞)への利用に大きな期待が寄せられており、将来的には個人ごとに樹立されたiPS細胞を培養し、HCSを行なって診断や治療方針を検討するオーダーメイド医療が発展すると考えられる。培養細胞を対象とし

て薬剤に対する応答を多面的に評価する技術はより重要性を増すため、ハイスループットかつ定量的・客観的に解析を行うための情報処理技術の方法論のロールモデルの1つとして、本研究の意義は大きいと言える。さらに本研究の成果は、例えばライフログ等のデータ解析にも利用可能である。これらもイベントと時間の不完全な情報であるが、ビッグデータ時代においてはこれらのデータを本研究の方法論で解析することで、様々な予測や重要な因子の特定、予兆の検出を行うことが可能であると考えられる。

## ■空間結合圧縮センシングによる超解像とスパース重ね合わせ符合の研究

### K26研XIX第434号

竹内 純一(九州大学大学院システム情報科学研究院情報学部 教授)

情報科学における最重要課題の一つである圧縮センシングにおいて、空間結合圧縮センシングという手法が提案されている。空間結合の概念は、低密度パリティ検査符号(LDPC符号)の復号手法に導入され、Shannon限界を達成することが示されたものである。圧縮センシングは、高次元データ(原信号)を線形観測に基づいて復元する問題であり、原信号の次元に比していかに少ない次元の観測データによって復元できるかが課題となる。このとき、計算量を無視したときの観測数の下限を情報理論的限界と呼ぶ。効率的アルゴリズムを用いたときの性能は、通常これより有意に大きいことが知られているが、空間結合圧縮センシングでは、線形観測の方法をうまく構成することで、効率的アルゴリズムによっても情報理論的限界が達成できることが示されている。本研究は、このアイデアを、誤り訂正符号の一つであるスパース重ね合わせ符号および超解像に導入することで、従来より高性能な手法を構築することを目指した。ここに、スパース重ね合わせ符号とは、加法的白色ガウス雑音通信路(ガウス通信路)のための符号であり、Shannon限界を達成する効率的復号アルゴリズムが知られているが、Shannon限界からのギャップが大きいこと

が問題となっている。超解像とは、所与の画像の解像度を高める処理を指し、圧縮センシングに基づく手法が主要な技術である。

本研究テーマでは、空間結合圧縮センシングの性質を理解するために、シミュレーションによる性能評価を実施した。この結果、問題の大きさが有限である場合、空間結合の効果は理論から期待される水準を得ることは難しいことが判明した。特に、スパース重ね合わせ符号に関しては、空間結合の効果は確認されるものの、有限の符号語長において伝送速度の向上に結びつく結果は得られなかった。他の研究グループの研究成果により、空間結合圧縮センシングを応用した復号手法がShannon限界を達成することが証明されているが、有限の符号語長における性能を示したのではなく、実用的符号長においては、空間結合に期待される効果は得られていない。以上を総合すると、現時点において、空間結合圧縮センシングが実用上効果的である証拠は得られていない。今後、空間結合圧縮センシングを実用的用途で用いるには、新たな見地に基づく改良が必須であると考えられる。

## ■異種データ関係利用支援に向けた「潜在的関係」の知識発見

### K26研XIX第435号

浅野 泰仁(京都大学大学院情報学研究科 特定准教授)

実施内容、成果および今後予想される効果の概要

本研究では、潜在的関係の知識を発見するための基盤技術の開発と、実際の異種データを結びつける応用の双方を行った。基盤技術としては、本研究が発見対象とするエンティティ間の関係はテキストデータやネットワーク構造に含まれていると考えられるため、これらを解析する基本的な手法について研究した。特に、同じトピックに関する複数文書中の対応する部分を整理する手法と、ネットワーク上におけるエンティティを結びつける方法と関連があると考えられる合流経路を計算する手法が挙げられる。これらの結果はそれぞれ査読付き国際会議に採録された。特に、後者の成果はデータマイニング分野の

トップジャーナルであるIEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE)にも採録された。実データへの応用としては、商品のレビューデータと商品の機能(性能)データから「商品の機能とユーザの使用目的」の関係についての知識を発見する手法と、大学レベルの標準カリキュラムデータとオンラインコースのシラバスデータから、カリキュラムで定義されている知識オンтоロジーと個々のシラバスとの関係を発見する手法を提案した。これらの結果もそれぞれ査読付き国際会議に採録された。特に、前者の成果はThe Second International Conference on Data Mining and Big Data (DMBD 2017)において、Best Student Awardを受賞した。

以上の研究によって、これまでの研究では見つけられなかった複雑な関係に関する知識が求められるようになった。例えば既存の商品機能データの研究では、初心者が「走る人を撮影したい」際にどのデジタルカメラが向いているかを知らせることは困難であったが。上述の成果で「商品の機能とユーザの使用目的」の関係を求めることで、「走る人の撮影という目的には連写速度とオートフォーカスが重要」という知識が得られるので、それらの機能に優れたデジタルカメラを推薦すれば良いことがわかる。

今後の発展の一例としては、上述の成果である「ネットワーク上における合流経路」は、近年着目されているライドシェアリングなどの近未来交通システムの基盤技術に応用が可能と考えられるので、様々な交通モデルにおいて研究を進めていく予定である。実データへのさらなる応用としては、環境・消費者統計・産業連関データを扱う東京大学井原智彦准教授との共同研究や、遺伝子データ・細胞データ・炎症データを扱う長浜バイオ大学小倉淳准教授との共同研究を進めていく予定であり、すでに本研究助成金によって会議等を開始している。

#### 実施内容および成果の説明

ここでは、先の概要で説明した各実施内容とその成果について説明する。

##### (1) 同じトピックに関する複数文書中の対応する部分を整理する手法

この手法は、あるトピックについて既存の検索エンジンで得られた複数の文書を入力とする。また、トピックに関する説明は時系列に沿って行われているものを対象としている。これらの文書には重複する知識も含まれている可能性もある一方で、ある文書で説明されていた事物の説明が別の文書には含まれていないこともあり得る。したがって人間がこれらの文書を読んで知識を得ようとするとき複数の文書を付き合わせながら理解を進める必要があり、時間がかかってしまう。本手法では、これらの文書の知識を整理し、共通した事物に関する説明はまとめ、順序を整理することで、得られた結果を順に読めば過不足なく知識が得られるようになることを目的としている。具体的な整理の手法としては、系列データの対応付けに使われる一般的な手法であるdynamic time warpingと、単語の分散表現を得る手法であるword2vecを組み合わせているが、この組み合わせをうまく行うために、文章(word2vecで得られた単語ベクトルの集合)を分布データに変換する手法w2DDを独自に提案している。この成果は、クラシック音楽解説の獲得と整理に応用され、査読付き国際会議The 16th International Society for Music Information Retrieval Conferenceに採録された。

##### (2) ネットワーク構造において合流経路を計算する手法

我々は以前、関係知識の発見のためにシュタイナー木を用いる手法や、generalized max-flowを用いる手法を提案してきた。今回の「合流経路」は、シュタイナー木の拡張である一方で、generalized max-flowを用いた際の「できるだけ合流しないフロー」の対となる概念を包含している。したがってこの合流経路は先述のように関係知識発見の基盤となり得ると考えられるが、研究に際して次第に移動

体の経路への応用に向いていることがわかり、ユーザー(人や自動車)が道路ネットワークにおいて合流して利益を得るモデルを具体的に研究することとなった。例えば、友人同士の場合は合流して会話することで移動が楽しくなり、複数の人と自動車なら相乗りによって交通コストを減らすことができる。具体的な手法としては、ユーザーがそれぞれ異なる始点と終点を持つモデル(複数始点終点問題)および単一の始点または終点を持つモデル(単一終点問題)それぞれについて、厳密アルゴリズムを構築した。前者の成果はデータマイニング分野のトップジャーナルであるIEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering (TKDE)に採録された。後者の成果は地理情報に関する著名な査読付き国際会議である24th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems (SIGSPATIAL 2016)に採録された。

##### (3) 商品の機能とユーザの使用目的の関係についての知識を発見する手法

本手法は、商品の機能に関するデータと、(Amazon等の)商品レビューデータから、商品の機能を表す単語(デジタルカメラであればセンサーサイズ、連写速度、ノイズ、画素数等)とユーザーがその商品を使用する目的を表す単語(デジタルカメラであれば撮影対象である鳥、夜景、子供等)との関係の強さを求める。これによって、「鳥の撮影という目的には連写速度とオートフォーカスが重要」という知識が得られるので、目的に応じたそれらの機能に優れたデジタルカメラを推薦すれば良いことがわかる。手法の構築には、最新のテキスト解析技術であるword2vec、labeled LDA等を駆使し、構文パターンと出現単語パターンを組み合わせたブートストラップモデルを独自に提案している。この成果は査読付き国際会議The Second International Conference on Data Mining and Big Data (DMBD 2017)に採択され、Best Student Awardを受賞した。

##### (4) カリキュラムで定義されている知識オントロジーと個々のシラバスとの関係を発見する手法

近年、MOOCs(Massive Open Online Course)の普及によって、様々な大学が提供する講義を受講することが可能になっている。しかしMOOCsにおいては既存の大学のようにカリキュラムに基づいた講義の設計が行われておらず、受講者は講義の選択を自身で行う必要がある。本手法の目的はこの選択の支援のために、大学で用いられている標準カリキュラムで定義されている知識エリア・知識ユニットとオンラインコースのシラバスを結びつけることである。これによって、ある知識エリアやユニットの範囲をカバーするために必要な講義を検索することができるようになる。しかし、標準カリキュラムとシラバスとでは使用される語彙が異なるので、直接的な関係は発見困難である。この問題に対して、Wikipediaの記事・カテゴリを仲介する潜在的関係を発見することで対処する手法を提案した。この成果は査読付き国際会議the 9th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2016)に採録された。

## ■確率的生成モデルに基づく音楽音響信号のディレクタブルな分解と再構成

### K26研XIX第436号

様々な楽器音が重畳する音楽音響信号の確率的生成モデルに関する研究を進めた。確率モデルを定式化し、統一的な目的関数を最適化するという一貫したアプローチに基づいて、自動採譜・音源分離・メロディ採譜・コード推定等に取り組み、同時にそれら音楽要素の編集・生成を試みた。不確実性を適切に取り扱うため、(ノンパラメトリック)ベイズモデルの定式化とベイズ推論を行うアプローチを積極的に推進した結果、音響信号処理・機械学習の両分野で高く評価される研究が展開できた。

音楽音響信号に対する自動採譜・音源分離においては、従来の非負値行列因子分解 (NMF) を用いると、音高ごとに分離されてしまい、楽器パートごとに分離できない問題があった。この問題を解決するため、ソース・フィルタ理論に基づく無限重畳離散全極型モデルを実現した。このモデルは、人間の発声機構に着想を得ており、様々な音色・音高の組み合わせにより楽器音が生成され、それらが重畳することで音楽音響信号が生成される階層的な過程を表現する。逆に、音楽音響信号が与えられると、そこに含まれる適切な個数の音高と音色を自動的に推定することができる。

吉井 和佳 (京都大学大学院情報学研究科 講師)

また、信号の物理的な生成過程のみに着目すると、得られる採譜結果が音楽的に不自然であっても補正する機構が存在しない問題があった。これを解決するために、言語モデルと音響モデルとを内包する統一的階層ベイズモデルを用いた自動採譜手法を開発した。音楽音響信号の生成過程として、まず、調やコード進行が確率的に決まり、それにしたがって音符の組み合わせ系列が生成され(作曲過程)、それから音楽音響信号が生成される(演奏過程)という階層的な生成過程を考える。これら作曲過程と演奏過程は、楽譜データに対する言語モデルと混合音データに対する音響モデルに対応しており、調・コード・楽譜をギブスサンプリングで一挙に最適化する手法を実現した。

同様の枠組みを用いて、高精度な歌声の自動採譜手法を開発した。階段状の楽譜成分が生成され(言語モデル)、ビブラートやグリッサンドなどの逸脱成分が加わることで歌声の音高軌跡が生成される(演奏モデル)と考える。このとき、両モデルを同時に最適化することで、歌声の音高軌跡を楽譜成分と逸脱成分に分離できた。この技術は、混合音中の歌声を編集するうえで有用であった。

## ■ソーシャルネットにおける炎上検知を行う学習型システムの開発

### K26研XIX第437号

小澤 誠一 (神戸大学大学院工学研究科電気電子工学専攻 教授)

TwitterやFacebookをはじめとするSNSは有益な情報交換ツールとして急速に普及したが、近年、従業員や顧客などの不適切な発言などをきっかけに、SNS上で批判コメントが急増する「炎上」が発生し、企業ブランドの棄損につながるケースが増加している。このことから、SNS上のレピュテーションを常時監視する取り組みが目ざされている。SNSでは、昼夜を問わず自由にコメントを投稿できるため、炎上を迅速に検知して企業評価の毀損を最小限に抑えるには、24時間絶え間なく自動監視するシステムが必要となる。SNSのコメントは分野固有の表現が使われることが多く、リツイートによって多数の同一コメントが拡散されるなどSNS特有の特性もあり、従来のテキスト分類手法で精度よく判定するのは容易でない。

本研究では、SNSの特性を考慮したネガティブコメントの検出と、その検出結果に基づいて炎上を検知する機械学習システムを提案した。提案システムでは、複数ドメイン(業種)で収集された大規模なSNSコメントセットを用い、ドメイン特有の表現や単語の感情極性を自動的に学習する。炎上の大部分を占めるリツイートは、コメントがネガティブなのか否かを決定づける分野固有の単語を

含んでおり、これらは感情極性判定に有効なデータとして扱う。一方、リツイートをそのまま学習すると感情極性にバイアスが加わるため、これを補正するために転移学習を導入した。転移学習では、分野固有のネガティブ単語でないものに他分野から得られた平均単語生起確率を与える。これにより、リツイートの過学習で発生する特定単語へのバイアスや特定分野で使われる単語が有限個であることによる単語極性値の欠落の影響を緩和し、ネガティブコメントに対する検出精度を向上させる。一方、特定分野に固有なネガティブ単語には、単語の生起確率の平均化を行わず、その特定分野の単語生起確率をそのまま使うことで、重要単語の感情極性を保持する。これにより、ネガティブコメントの見逃しが減少する。

評価実験では、4企業に対する100万件以上のSNSコメントを用いて性能評価を行った。SNSに投稿されたコメントに人手で感情極性ラベルが付与したデータセットを使用した。転移学習を導入しないシステムと比較して、提案システムは高精度にネガティブコメントを検出可能であることを示した。さらに、ツイート系列を使って炎上検知実験を行い、炎上を見逃すことなく検知できることを示した。

## ■情報幾何的進化計算の展開

### K26研XIX第438号

(1)実施内容、成果および今後予想される効果の概要

本研究では、情報幾何的進化計算の利便性と探索効率の向上、すなわち最適化プロセス全体の効率化、を目的とし、研究を実施した。

情報幾何的進化計算とは、進化計算アプローチから派生した最適化法の枠組みである。

探索空間において定義される確率モデルを取れば、目的関数から定まる期待利得関数を最大化するように、確率モデルのパラメータを推定自然勾配を用いて更新する。これは、連続最適化に対して最も有力とされる進化計算であるCovariance Matrix Adaptation Evolution Strategy (以下、CMA-ES)を一般化した枠組みである。

研究開始当初の情報幾何的進化計算の課題として、事前パラメータ調節が必要であることが挙げられる。具体的に、解候補数(自然勾配をモンテカルロ推定する際のサンプル数)とパラメータ更新の際の学習率は、探索性能に大きく影響することが知られている。

本研究では、CMA-ESに導入されており情報幾何的進化計算に導入されていないアルゴリズム要素である進化パスを用いた探索履歴の活用に着目した。進化パスは、様々な視点からの解釈が可能であるが、本研究ではこれをローパスフィルタとして捉え、情報幾何的進化計算の枠組みに導入した。導入された進化パスは、自然勾配

秋本 洋平(信州大学学術研究院 助教)

の推定精度を定量化するために用いられる。定量化された推定精度を用いて、以下に示す二つの成果を得た。

一つ目は、解候補数の適応則の提案である。定量化された自然勾配の推定精度を一定に保つように、解候補数を動的に適応する。提案法は、情報幾何的進化計算およびCMA-ESに導入され、大谷構造を有する多峰性関数や加法的ノイズを有する最適化において、事前調節を行うことなく適切なパラメータを用いた場合と同程度かそれ以上の探索効率となることが、連続最適化ベンチマークを用いた数値実験により確認された。

二つ目は、学習率の影響緩和のためのパラメータ更新抑制方法の提案である。定量化された自然勾配の推定精度がしきい値を上回った場合に限りパラメータ更新を行う方法を提案した。提案法により、学習率の問題依存性を緩和し、最適化効率の向上が確認された。

本研究成果は、ブラックボックス最適化において最も重要な要因といえる、事前パラメータ調節の緩和に貢献している。事前パラメータ調節が不要もしくは容易になれば、適用が用意となるためアルゴリズムの普及につながる。また、汎用ツールとして提供することが可能となり、工学・産業の様々な場面における最適化プロセスの高速化と自動化が期待される。

## ■閲覧者の関心度に対応できる視覚的情報提示手法に関する研究

### K26研XIX第439号

大規模・複雑なデータを効率的に把握するために情報可視化への期待は高く、様々な視覚的表現が利用されている。ただし、従来の可視化は情報提供側が表現を指定するが、情報の活用ためには読み手が自分の関心やスキルに応じて表現を選択できることが望ましい。本研究の目的は、閲覧者の関心度に応じて詳細度を変更できる視覚的情報提示手法を構築することである。そこで、目標として、(1)データの種類と詳細度に関して適切な視覚的表現を体系化する、(2)詳細度を変更できる視覚的表現手法を実現するプログラムを開発する、(3)プログラムをツールキットとして整備することに設定した。

Shneidermanによる分類を元に、データの種類を7種類に絞り、それらに対して求められる視覚的表現の詳細度を検討した。計画時には、対象データに対して詳細度は1次元的に表現できるものと考えていたが、実際には多次元の複雑さを備えていることが判明した。閲覧者の「関心」の種類が複数あり、それぞれに対して詳細度を定めることができるため、関心度は多次元で表現されることとなる。検討の結果、関心の種類は、たとえば、(関心1) データの全部/一部に対する関心、(関心2) 要約統計量に対する関心、(関心3) 集約の粒度としての関心に整理できることが分かった。

このような整理に基づいて、簡単なUIで視覚的表現

三末 和男(筑波大学 システム情報系 教授)

を得ることができるプログラムを試作した。UIとしてボタン(一部、集約、統計)が提示されており、それらの一つを押すことで関心の種類を選択できる。さらにボタンを押す回数により詳細度を変更できる。

関心度あるいは関心に対する詳細度が1次元的不是なものとすると、「関心」というものをどのように記述すべきかが課題となる。当初の目標からやや逸れるが、関心の形式的な記述方法を定めるために、様々な種類の「関心」を収集してみることにした。具体的には対象データを定めた仮想的な分析作業を設定して、分析者が抱きそうな関心を収集した。その結果、多くの「関心」は、(形式、意味、詳細度)の3つ組で表現できることが分かった。このような形式的表現は読み手指向の情報可視化の枠組みの基礎をなすものである。

多くの視覚的表現が現れるとともに、情報提供側の無知や悪意による不適切な表現も多く出現している。本研究を進めて新たに見えてきたことは、閲覧者の「関心」を重視することの意義である。計画時には、「関心度」という1次元の自由を閲覧者に持たせることを考えていたが、データ可視化の主導権を閲覧者に持たせることで、可視化に関連する様々な問題を解消でき、視覚的表現の質の保証等への発展も期待できる。

## ■機械学習を用いた香りの調合による匂い感覺量変化の予測

### K26研XIX第440号

香りの印象は官能検査等で調べられるが、高い信頼性で数値化するのには容易でない。しかし、米国ではSD法(Semantic Differential)法を用いた大規模な官能検査が行われ、その結果がデータブックにまとめられている。そこで、このような官能検査データを用い他の機器やセンサによる客観的な測定データから官能検査による人間の感覚空間への写像を形成すると、実際に官能検査を行わなくてもそのスコアを推定できる。

ここでは、質量分析器データから人間の官能空間への写像を機械学習により行った。本研究では質量分析器の出力を深層機械学習により学習させたニューラルネットワーク(多層パーセプトロン)で匂いの印象空間に写像させる。匂いの印象はDravnieksが作成したデータベースから、121の匂い物質について144の記述子を使用し0-5のスコアで評価したデータを使用した。その際、多次元空間から多次元空間への写像を行うので、写像の精度を上げるためには各空間で特徴抽出をすることが有効である。そこで、マススペクトル空間(212次元)と匂いの印象空間(144次元)それぞれに対してオートエンコーダ(5層の多層パーセプトロン)により特徴抽出を行っ

中本 高道(東京工業大学未来産業技術研究所 教授)

た。オートエンコーダの構造を最適化した結果、抽出した特徴の次元はマススペクトル空間は45次元、匂い印象空間は30次元となった。そして、抽出した質量分析器データと匂いの印象データの特徴空間の間の写像を5層の多層パーセプトロンで行った。匂い印象の予測では、これらのニューラルネットワークで必要なところのみを使用するので、9層の多層パーセプトロンを使用することになる。匂い印象の予測を行い、従来の代表的手法であるPLS(Partial Least Squares)法と本手法を比較した。交差検定の結果、本手法を用いた場合の真値と予測値の相関係数が0.76に対してPLS法の場合が0.61となり、本手法の有効性を確認することができた。

それから、複合臭のマススペクトルを作成し、その官能検査のスコアの予測を行った。その結果、マススペクトルが既知の香りに近い場合には、良好に調合した複合臭の香りの官能検査スコアを予測できることがわかった。また、香りの印象が単体間の線形重ね合わせで推定される場合と比べて、本手法の予測結果が大きく異なる場合があることがわかった。今後、官能検査で検証を行う。

## ■異種光学センサ融合に基づく地球観測画像の高解像度化技術に関する研究

### K26研XIX第441号

横矢 直人(東京大学大学院工学系研究科先端学際工学専攻 助教)

<概要>

本研究では、1) 光学センサ融合に基づく高解像度超多波長画像再構成に与える装置関数の影響解明、2) 光学センサ融合に基づく高解像超多波長画像を用いた土地被覆解析、3) マルチセンサ超解像技術の開発、の3つの研究課題に取り組んだ。光学センサ融合に基づく高解像度超多波長画像再構成の研究は近年盛んだが、2つの光学センサの装置関数と再構成精度の関連性は、十分に検討されてこなかった。10の最先端の光学センサ融合アルゴリズムを用いて、多様な装置関数の組み合わせに対する光学センサ融合の体系的に実施した。装置関数と再構成精度の関係を解明するとともに、各アルゴリズムの長所と短所を明らかにした。本成果は、超多波長センサを搭載する地球観測

衛星(EnMAPとHISUI)の高次プロダクト生成に活用される予定である。また、再構成された高解像度超多波長画像の応用面での有効性は、これまで十分に研究されていなかった。高解像度超多波長画像を用いた土地被覆解析を実施し、単一センサ画像を用いる場合よりも、高精度に地表面の物質を詳細に識別できることを示した。さらに、光学センサ融合では、波長応答関数のオーバーラップを仮定する研究がほとんどであった。本仮定が成り立たないマルチモーダルな画像の組み合わせに対して適用可能な、マルチセンサ超解像技術を開発した。本技術は汎用性が高いため、光学センサ、合成開口レーダ、ライダーなどのマルチモーダルなデータを統合的に解析する際に、基盤技術として活用されることが予想される。

## ■複数装着型カメラ映像からのインタラクション認識技術の開発

K26研XIX第442号

米谷 竜(東京大学生産技術研究所 助教)

### [成果概要]

本研究では、複数人がモバイルカメラを頭部に装着した状況を想定し、それらの人物が行うインタラクションを装着型カメラ映像(一人称視点映像)のみから認識する技術を開発した。具体的な成果は以下の通りである。

#### 1. 一人称視点映像からの人物同定(成果[1])

対面対話を行う二者A、Bを考える。このとき、Aが撮影する一人称視点映像から、Bの映る領域を抽出することが本課題の目的である。

特に本研究では、「A、Bともに頭部にカメラを装着している」という状況に着目し、Bの撮影する映像からBの頭部運動を推定し、それと相関する運動をAの映像から検出することで、Bの映る領域を抽出するという、動き相関ベースの手法を新たに提案し、従来の機械学習に基づく顔認識技術と比較して高精度に特定人物を同定できることを示した。

#### 2. 一人称視点映像対を用いた動作認識(成果[2])

本課題においても、対面対話を行う二者A、Bを考える。このとき、AやBがそれぞれ行う「傾き」や「指差し」といった動作の認識を目指す。

提案手法の特長は、「自分の撮影した一人称視点映像に映り込む自身の情報」と「他人の撮影した一人称視点映像に映り込む自身の情報」という2種類の異なる情報を統合利用して認識を行う点である。前者は傾きや顔向けといった頭部動作、後者は指差しや物の受け渡しといった手動作の認識にそれぞれ有効に働くことが実験によって確認された。

3. 一人称視点映像群からの共通注目シーン発見(成果[3])  
本課題では、ある場所で複数人によって記録された大量の一人称視点映像を考える。ここでは先の2課題と異なり、「カメラ装着者と環境とのインタラクション」として、人物が環境中の特定場所(シーン)に注意を向けるという行動を考える。

このような行動は一人称視点映像の動きを機械学習することで精度良く検出可能である。

また、このような映像を複数用意することで、「大勢が注意を向けている特定のシーン=共通注目シーン」を自動発見することが可能である。

以上の成果はいずれもコンピュータビジョン分野におけるトップカンファレンスに採録されるなど、国際的に高い評価を受けた。

[1] Ryo Yonetani, Kris Kitani, Yoichi Sato: "Ego-Surfing First-Person Videos", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2015), Boston, MA, USA, Jun 2015

[2] Ryo Yonetani, Kris Kitani, Yoichi Sato: "Recognizing Micro-Actions and Reactions from Paired Egocentric Videos", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR2016), Las Vegas, NV, USA, Jun 2016

[3] Ryo Yonetani, Kris Kitani, Yoichi Sato: "Visual Motif Discovery via First-Person Vision", European Conference on Computer Vision (ECCV2016), Amsterdam, Netherlands, Oct 2016

## ■形状とその意味の関連性の解析による三次元物体の自動アノテーション

K26研XIX第444号

立間 淳司(豊橋技術科学大学 情報・知能工学系 助教)

### (1)実施内容、成果および今後予想される効果の概要

本研究の目的は、与えられた三次元物体に対して、その形状の意味を表す複数ラベルを自動的に付与する、三次元物体の自動アノテーション技術の開発である。本研究では、三次元物体の自動アノテーションを実現するため、三次元物体から抽出した特徴量と、三次元物体に付与された複数ラベルとの関係を保存した部分空間を解析する手法を考案した。

研究期間中に、深層学習による特徴抽出技術が大きく発展した。そのため、本研究でも、三次元物体の特徴抽出を見直す必要が出てきた。深層学習による特徴抽出で注目されているのは、畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network, CNN)である。しかし、CNNは、学習のために大量のラベル付き画像を必要とする。これに対して、種々雑多な画像で学習済みのCNNを、特徴抽出器とみなす方法がある。三次元物体データセットでも、ラベル付きデータを大量に用意するのは困難なため、本研究では、学習済みCNNから特徴

抽出を行うことを考えた。

本研究で考案した、Feature Maps Covariance Descriptor (FMCD)は、CNNの畳み込み層の出力である特徴マップ(Feature Map)を局所特徴量と考え、その共分散を特徴量とする。三次元物体から生成した深さバッファ画像を入力として、FMCD法により特徴抽出を行うことで、三次元物体の特徴量を得る。FMCD法は、三次元物体の形状類似検索のコンテストであるShape Retrieval Contest (SHREC)のKinect獲得モデル部門で最も優れた検索性能を得た。FMCD法は、三次元物体の特徴抽出技術として、三次元物体の検索・分類・アノテーションなどの基盤技術となる。また、画像の特徴抽出にも応用可能であるため、画像認識などにも適用できる。

三次元物体とそこに付与された複数ラベルとの関係は二部グラフで表される。本研究では、この二部グラフで表される関係を保存した、部分空間を解析することを検討した。



グラフの頂点間の類似度を評価する方法に SimRank法がある。SimRank法は「同様の頂点との接続がある頂点同士は類似している」という考えのもとに、グラフ上の頂点間の類似度を計算する。SimRank法は、二部グラフを対象としたアルゴリズムも提案されており、三次元物体と複数ラベルとの二部グラフに SimRank法を適応した場合、「同様のラベルが付与された三次元物体同士は類似している」という類似度が

得られる。このSimRank法で計算した三次元物体の類似度を保存した部分空間を解析する SimRank Similarity Preserving Projection (SSPP) 法を考案した。実験から、従来手法よりも優れたアノテーション性能を得ることができた。SSPP法は、マルチラベルの次元削減手法として、三次元物体の自動アノテーションだけでなく、複数のラベルが付与された文書・画像の特徴量の圧縮にも有効である。

## ■オペレーティングシステムの多重化によるプロセスの耐障害性向上とカーネルの更新手法 K26研XIX第445号

OSは計算機全体の動作に大きな影響を及ぼすため、OSに対する信頼性の向上が求められている。OSに障害が発生した場合、OS上のプロセスはすべて停止する。OSのバグを完全に消し去ることは困難であるため、障害発生を前提とした耐障害性を持ったOSが求められる。本研究テーマでは、OS同時実行基盤 Orthros を提案している。Orthrosは、1台の計算機上に2つのOSを動作させることで OSの冗長化を図り、計算機の再起動を行うことなく障害から高速に復旧する。また、障害発生時にはOS のフェイルオーバー処理を行い、バックアップのOS上で実行状態の保護を実現する。

本研究テーマでは、課題1) 障害検知の高度化、課題2) OS間のフェイルオーバー回数の制限をなくすこと、課題3) カーネル更新機構の実現について研究を実施した。課題1) の障害検知の高度化は、従来は稼働中のOS(アクティブOS)からの応答がなくなった場合を異常と判断する障害検知のみを実装していた。これを、様々な異常を検知できるようにすることが課題であった。本課題については、バックアップOSから、アクティブOSのメモリ空間をアクセスできる Orthros の機構を活用し、バックアップOSが主体となってアクティブOSの稼働状況を監視する機構を開発した。本機構は、OSの通常動作で更新するCPU利用率やメモリ利用率の変化を監視し、その変化量の異常をとらえることで異常検知を行う。本方式の利点は、OSが通常行う動作に基づいているため、検出のための新たな機構が必要なく、負荷が少ないことである。本機構を実装し、アクティブOSにおいて発生したデッドロックの障害、メモリ確保に関する障害、デバイスドライバの障害を正常に検知した。本研究については文献[1][2]として発表した。課題2) OS間のフェイルオーバー回数の制限をなくす研究については、OrthrosのアクティブOSとバックアップOSの切り替えを複数回実行できるようにすることが課題であった。従来は、1回のみ切り替えであり、障害対策としては不十分であった。本課題については、アクティブOSとバックアップOSに続く第3OSの起動手順の開発、デバイス分割と再割り当て機構、CPUコアの分割と物理メモリの分割等、物理デバイスを

齋藤 彰一(名古屋工業大学情報基盤センター 教授)

特定のOSから切り離し、他のOSに再割り当て可能にする機構を実現することで可能とした。本機構の実現においては、一部メモリが第3OSに割り当てられるために利用できなくなる欠点があるが、約400MB程度と最近の計算機のメモリ容量からは少量と考えている。本研究課題については文献[3]として発表した。課題3) カーネル更新機構については、カーネル内データの表現方法と更新のための変換方法について検討を行った。しかし、データ構造の複雑さとカーネルバージョン毎に変化する量が多く、カーネル内での更新の一般化は困難と判断し、実現を断念した。

次に、今後予想される効果について述べる。今後への効果としては課題1) の障害検知の高度化による効果が期待できる。本研究テーマでは、異なるOS間での障害検知を対象としてきた。この対象環境と類似する広く普及した環境としては、ARM社のプロセッサが有する TrustZone と呼ばれるセキュリティ機構がある。TrustZoneは、複数の実行環境を並列で動作させて一方が他方を監視することが可能なアーキテクチャとなっている。実際に、発表文献[1]においては、TrustZoneを利用して基礎評価を行っている。現在、この研究成果をさらに発展させて、複数実行環境を活用した新たな障害検知・セキュリティ機構の研究を進めている。

### 発表論文

- [1] 岩間 響子, 毛利 公一, 齋藤 彰一: "多様な障害へ対応したカーネルレベル障害検知機能の提案と実装", 情報処理学会研究報告 2016-OS-136, No. 7 (2016.2).
- [2] 松下 馨, 岩間 響子, 瀧本 栄二, 毛利 公一, 齋藤 彰一: "多重OS実行環境におけるカーネル間メモリ監視による障害検知機構の実装", 情報処理学会研究報告 2016-OS-139, No. 2 (2017.3).
- [3] 富松 将広, 齋藤 彰一, 毛利 公一, 松尾 啓志: "OS同時実行基盤 Orthros における反復可能なOS起動方式の実装と評価", 情報処理学会研究報告 2015-OS-134, No. 10 (2015.8).

## ■車椅子ユーザの観光や散策を支援するナビゲーションシステムの構築と評価

### K26研XIX第448号

実験の準備としてナビゲーションに必要な情報の収集をアプリケーション上で行えるようにした。車いすを日常的に使っていない人でも、ナビゲーションに必要な情報を積極的に集めたいようにアプリケーション上で実装した。最初のステップとして車いす利用者が抱える問題(段差など)を認識してもらうために、車いすを使ったゲームを用意した。自分の意思で車いすを動かしてもらうために、地図データとGPS情報を使った地上絵を描く仕組みを設けた。また出来上がった絵を共有できるようにして、利用促進とモチベーションを高められるようにした。次のステップとして、ナビゲーションに必要な情報を登録してもらう。GPSから得た緯度経度情報をサーバーに送信することで、施設情報(多目的トイレ・車いすで入ることが出来る休憩所など)や障害情報(段差・階段・車止めなど)を登録できるようにした。坂の角度は端末(スマートフォン・タブレット)などで計測できる仕組みを実装した。この機能もモチベーションアップのために、登録者にポイントが付与され週間ランキング・月間ランキング・エリアごとのランキングなどを表示するようにした。こうして集められた情報をナビゲーション時に表示されるようにした。

実験では作成したナビゲーションシステムを用いて、各効果の測定を行った。ナビゲーションの利用方法としては以下のように行う。車いす利用者が出かける前に経路上の問題がないかをチェックする。車いす利用時にカー

永井 由佳里(北陸先端科学技術大学院大学 教授)

ナビゲーションシステムと同様に利用する。後者の方法では現在地周辺の車いすに必要な情報を自動表示するようにした。またその際、画面上の地図内が情報過多によりわかりにくくなるのを防ぐために、情報を分類して必要なもののみを常時表示できるようにした。具体的な利用例として通常は車いすでの通行に障害となるエリアを示し、トイレに行きたい時に操作をすれば操作に応じた施設情報が表示されるようにした。また移動速度により地図の表示範囲を自動で変更されるモードも備え、積極的に屋外活動を行えるようになった。

実験で得られた成果として、ナビゲーション提供者・運営者が一方的に負担となる従来の仕組みではなく、社会全体で作ることができるナビゲーションシステムとなることが確認できた。情報を登録する側もボランティア的な感覚でシステムに参加するのではなく、ゲームを楽しむことを第一として使ってもらい、その中で副次的な要素として車いすに必要な情報が自然と集まるようになった。このアプリケーションを使った実験で車いすを利用したことがない人が、車いすとこのシステムを使って地上絵を描いたりしてみた所、車いすに対する認識が変わったことが認められた。

今後予想される成果として、昨今の自動運転の発展に伴うナビゲーションの利用目的の拡大などでも利用が期待される。

## ■神経細胞モデルの統計的大域挙動にもとづく神経情報キャリアの探索

### K26研XIX第449号

山野辺 貴信(北海道大学大学院医学研究科神経生理学分野 助教)

【実施内容、成果および今後予想される効果の概要】

神経系において、スパイクという電位変化の列によって情報が伝達されるが、スパイク列のどの統計量が情報キャリアであるか分かっていない。脳機能を調べるにはスパイク列データからそこに符号化されている情報を読み出す必要があるが、スパイク列データから情報を読み出すための統一的方法がない状態である。神経回路網理論によれば各素子の出力関数により、神経回路モデル内での情報キャリアが決まる。そこで、神経系における情報キャリアを決めるためには、各神経細胞の入出力特性を調べる必要がある。本研究では、神経細胞モデルの入出力特性を調べる方法を開発した。

仮にスパイクパターンが情報キャリアだとすれば、神経細胞におけるスパイク生成は独立している必要がある。そのためにはスパイク生成の過渡応答が十分に短くなくてはならない。神経系の動作時間はミリ秒単位とデジタル回路と比べ遅いため、スパイク列は神経細胞が過渡状態にあるときに生じることが実験により示唆されている。さらに、神経細胞はいくつかのノイズ源を持つ素子でもある。従って、確率的な挙動をする神経細胞の過渡応答特性を考慮に入れた出力関数を求めることが、神経系における情報キャリアを解明するために必須である。

そのためには神経細胞の電氣的振る舞いを忠実に再現する神経細胞モデルの相空間全体のダイナミクスを調べる必要がある。神経細胞にはシナプスからジャンプ状のノイズが入り、近年、このノイズの情報処理における役割が議論されている。本研究では、以前、我々が開発した方法を拡張し、神経細胞モデルに連続的な入力およびジャンプ拡散過程が加わる場合に、その統計的大域挙動を表す線形作用素の構築した(この成果は現在論文投稿中。また、学会、研究会で発表した)。さらに、この線形作用素を縮約し、確率微分方程式でモデル化される神経細胞モデルの構造の抽出を試みた。

ジャンプ拡散過程で記述される神経細胞モデルの統計的大域挙動を表す線形作用素にはジャンプの数だけ多重積分が現れる。従って、高次元の被積分関数をいかに少ないサンプルで表現するかその表現方法を工夫する必要がある。我々は、物理学で開発された方法を使うことにより、この問題が解決できるかどうか検討しており、この方法がうまく応用できるのであれば、我々が開発した方法の応用範囲の拡張につながる。今後、本研究で開発した方法を用い、神経細胞モデルの入出力特性を調べ、神経系の情報キャリアとしてどの統計量がふさわしいのか明らかにしていきたい。

## ■非タスク指向型対話エージェントのためのハイブリッド応答法の開発

### K26研XIX第450号

近年、特定のタスクを持たず、対話そのものを目的とした非タスク指向型対話システムの研究が活発化している。一方、非タスク指向型対話システムを実現するための手法として、応答ルールを記述し、そのルールを元に対話を進めるルールベース応答手法が未だに多く用いられているのが現状である。ルールベース対応手法の欠点として、ルールは基本的に人手で記述しなければならないため、作成および保守に関するコストが非常に大きい点が挙げられる。さらに、ルールを増やせば増やすほど対話システムの性能が向上することは直感的に明らかであるが、ルールの量が一定以上を超えた場合、ルールの量を倍にしたとしても性能向上は限定的であったことが報告されている。このことは、ルールベース応答手法に基づく対話システムの性能には限界があることを示唆している。

そこで本研究では、人と雑談を行う非タスク指向型対話システムの応答手法として、複数の対話モデルを組み合わせて、単体の対話モデルよりも高い応答性能を実現するハイブリッド応答法の開発のため研究を実施した。

本研究の成果として、まず深層学習を用いた対話モデルであるニューラル発話順位付けモデルの構築が挙げられる。本モデルはハイブリッド応答法のベースとなるものであり、応答性能の確保のために重要であった。提案

### 稲葉 通将(広島市立大学大学院情報科学研究科 助教)

モデルは深層学習を用い、自動生成した複数の応答候補から文脈に応じて適切な応答を選択することで対話を進める。評価実験の結果、深層学習を用いたベースライン、および既存の手法と比べ、適切に発話がランキング可能であることが確認された。さらに、提案モデルを用いた対話システムを実装し、実際にユーザーと対話を行う実験を行った。その結果、NTTドコモの雑談対話API、デンソーアイティラボラトリーの雑談対話APIを実装した対話システムと比較を行ったところ、提案モデルが有意に自然な対話が行えることが確認できた。

もう一つの成果として、ハイブリッド応答法の提案が挙げられる。本手法、ニューラル発話順位付けモデル、用例ベースモデル、翻訳ベースモデルの3つの対話モデルを文脈に応じて切り替え、対話を進める応答法である。評価実験を行ったところ、提案手法により適切な応答が可能になる場合が確認されたが、全体としてはニューラル発話順位付けモデル単体の性能を上回ることは確認できなかった。その原因として、ニューラル発話順位付けモデル以外の応答性能が低かったことが考えられる。今後の課題として、各応答手法の性能を個別に向上させ、また応答の切り替え方法を再検討することで、性能をたかめていくことが挙げられる。

## ■映像上の加速度場の推定法の構築とその高速計算法に関する研究

### K26研XIX第451号

### 亀田 裕介(東京理科大学理工学部電気電子情報工学科 助教)

実施内容、成果および今後予想される効果の概要

映像上の加速度場は、車載カメラを用いた自動運転における被写体の進路予測等に将来的な応用が期待されており、その加速度場の推定法の構築に関する研究を行った。さらに、本研究は映像の画素毎の高精度な動き情報を必要とする映像データの圧縮符号化分野にすぐに応用できることが研究過程で判明したため、映像圧縮符号化に関する加速度場推定法についても研究を行い、高圧縮率を実現できることを示した。また、速度場と加速度場の高速な計算方法を提案した。

一般に、加速度場は速度場の時間差分近似により算出されるが、速度ベクトルの時間的な一対一対応付けが困難であるという問題がある。この問題を解決するために、本研究では、等速直線運動に基づく時間的外挿を前提として変分法による速度場算出理論を構築した。そして、加速度場を算出する時刻の映像を等速直線運動から外挿近似し、その外挿近似フレームから加速度場を直接算出する手法を構築し、その高速な数値計算方法を示した。

続いて、算出された加速度場を用いて映像データ圧縮のための高精度な予測を行う手法を提案した。一般に映像データ圧縮では、符号化器側で算出した動きを付加情報として復号器側に送信することで圧縮率を高める動き補償予測という技術がある。この動き情報と予測誤差の情報が削減されれば圧縮率を高めることができる。本研

究では、動きの付加情報なしに速度成分を復号器側で算出し、加速度成分のみを送信することで、予測精度の向上と符号量の削減を行う手法を提案した。これにより、最新の映像データ圧縮の国際規格であるHEVC/H.265に比べて、本手法では約14%圧縮率を高めることができた。

速度場と加速度場の計算速度については、自動運転はもちろん映像データ圧縮における復号(再生)もリアルタイムに処理しなければならないため、さらなる高速計算法が求められる。本研究では、動き推定の数値計算にRed-Black Gauss-Seidel (RBGS)法に基づく高速並列計算アルゴリズムを利用する。しかし、このアルゴリズムはハードウェアのベクトル演算器との相性が悪いという問題がある。ベクトル演算とは、RAM上の連続するデータに対して一度に同じ処理を行う演算であるが、RBGS法では処理する動き成分のデータがRAM上で連続しない。そこで、RAM上の動き成分データを再配置する手法を用いてベクトル演算を可能にすることで、計算速度を約45%向上させることに成功した。

成果および今後予想される効果:

加速度場推定のさらなる高精度化により、映像データ符号化のさらなる圧縮率向上や進路予測の精度向上が期待される。また、さらなる計算速度の向上により、高精細映像に対するリアルタイム計算を前提とした映像データ圧縮や自動運転などの実用化が予想される。

## ■隣接スライスの類似性を利用したMRIの高品質高速撮像技術の開発

### K26研XIX第452号

平林 晃(立命館大学情報理工学部メディア情報学科 教授)

#### 1. 実施内容

核磁気共鳴画像法(MRI)では、磁場を制御することによって人体断面画像のフーリエ係数を時系列で計測し、得られた係数を逆変換することによって画像を生成する。この時系列観測に時間がかかることが、MRI検査に時間がかかることの主要因である。このため、観測データを減らせば検査を高速化できる。この場合、得られる少量のデータから、減らす前のデータによって再構成される画像にできるだけ近い画像を推定することが本研究の主問題である。この問題を解決するために本研究では、隣接画像の類似性を2種類の意味で利用した。第1は同一患者の隣接画像の類似性であり、第2は複数患者間の近接部位画像の類似性である。更に、それらとは別に、従来法の精度を高めるために、そこで用いられていた近似手法ではなく、厳密解を求められるアルゴリズムを提案した。それぞれの内容で得られた成果を順に説明する。

#### 2. 成果

##### 1) 同一患者の隣接画像の類似性の利用

MRIは通常、複数スライス画像を同時に取得する、例えばスライス間隔が1ミリメートルの場合、取得される画像には強い類似性がある。そこで、ある一定間隔のスライスでフルセンシングを実施し、それらの間のスライスで圧縮センシングを行って、フルセンシング画像との類似性を参照画像生成とい

う手法で活用して、高精度の画像を生成する手法を開発した。

##### 2) 複数患者間の近接部位画像の類似性の利用

複数患者の近接部位の画像にも、同一患者の複数スライスほどではないが、類似性が見られる。この性質を利用すれば、過去の別患者の画像を利用して、新規患者の高速撮像を実施できることになる。本研究ではこの考えを、辞書学習という手法を用いて実現した。この方法の従来手法では、辞書の学習に過去のデータか現在の観測信号のいずれかしか用いていなかった。本研究ではそれらを同時に用いることにより、5倍の高速化撮像において、再構成誤差を1デシベル以上改善する高品質画像を生成できる手法を開発した。

##### 3) 厳密アルゴリズムの提案

従来法では、MR画像を再構成する際の最適化問題を近似的に解決していた。本研究では厳密解を求められるアルゴリズムを導出することによって、再構成画像精度を改善した。

#### 3. 今後予想される効果の概要

圧縮センシングを利用したMR高速撮像は多く研究されているが、臨床で実際に活用はされていない。本研究の画質改善はその道を開くものであり、MRI利活用の場面に更に大きく広げることができる。

## ■卓上型画像投影式タッチ・インタラクション・システムの研究

### K26研XIX第453号

松丸 隆文(早稲田大学大学院情報生産システム研究科 教授)

[内容]双方向性と直感的な操作という特徴をもつ投影画像インタフェースに関するこれまでの成果を踏まえて、適用対象を想定した研究・開発だけでなく、その先の発展・展開を見据えた基盤検討・基礎研究を含めて、次のサブ・テーマに分けて実施した。

- (1) アルファベット学習支援システムの研究開発、
- (2) 書道における筆遣い学習支援システムの研究開発、
- (3) 対戦型アプリケーション(バーチャル・エアホッケー)の研究開発、
- (4) レーザポインタを使った投影画面とのインタラクションの基礎研究、
- (5) カメラ・センサ取得画像における特徴抽出と地図作成およびその応用の基盤検討、
- (6) 3次元物体の空中投影をともなう立体映像の相互作用的インタフェースの研究開発。

[成果]それぞれのサブ・テーマにおいて十分な結果をあげることができ、著名な国際会議での論文発表(IEEE ROBIO、IEEEERO-MAN、など)、権威ある学術誌での論文掲載(IEICR、IJARS、JRM、など)、などの成果を得た。特にアルファベット学習支援システムは、イン

ドIIT Delhiの研究グループと協調しながら研究開発をすすめる、装置コストを安価にするためのセンサの置き換えの検討、2015国際ロボット展への共同出展(デモンストラーションとアンケート調査)、デリーの小学校での実験(小学生による試行とアンケート調査)を実施でき、製品化したいという現地企業からの引き合いもあるので、IIT Delhiとの共同研究を継続し、装置の普及までつなげてゆきたい。

[今後]プロジェクション・センシング・システムをヒトとシステムのインタラクティブ・システムに適用することを目的として、6つのサブ・テーマについて研究を実施した。それぞれのサブ・テーマにおいて十分な結果をあげることができ、著名な国際会議での論文発表(IEEE ROBIO、IEEEERO-MAN、など)、権威ある学術誌での論文掲載(IEICR、IJARS、JRM、など)、などの成果を得た。これらの成果を元にして、今後も研究開発を深化させてゆくことができる。3次元物体の空中投影をともなう立体映像の相互作用的インタフェースでは、例えばBMW HoloActive Touch UIを競争相手と想定しながら、インタラクション手法の確立を目指した研究開発を進めてゆく。

## ■スマートフォン上での逆フィルタを用いたノンフォトリアリスティックレンダリングに関する研究

### K26研XIX第454号

平岡 透(長崎県立大学情報システム学科 教授)

現在、写真画像から油絵やイラスト画、スケッチ画などのような非写実的な画像を生成する数多くのノンフォトリアリスティックレンダリング(NPR)の方法が提案され、雑誌やテレビ、インターネットなどの特殊効果として利用されている。また、スマートフォンやパーソナルコンピュータなどでのアプリケーション(Adobe PhotoshopやClip Studio Paint Proなど)にも実装され、専門家以外の多くの人にも気軽に使えるようになってきている。そのため、従来の油絵やイラスト画などを模倣したものの他に、オプアートのようにさまざまな視覚効果をもたらす非写実的な画像を生成するNPRの方法も求められてきている。

そこで、逆フィルタを拡張してNPRへ応用し、写真画像からさまざまな視覚効果をもたらす非写実的な画像を生成する方法を開発した。具体的には、次の11通りの逆フィルタを用いたNPRを開発した。

1. 逆バイラテラルフィルタを用いた墨絵風画像の生成
2. 逆線集中度フィルタによる縞模様画像
3. 逆線集中度平均フィルタによる石垣風画像
4. 係数シフト逆バイラテラルフィルタによるカラー砂絵風画像
5. 逆ソーベルフィルタによる波紋風画像
6. 逆ラプラシアンフィルタによるエッジハッチングオプアート

7. 逆アイリスフィルタによるチェッカー模様画像
  8. 逆アイリス平均フィルタによるセル風画像
  9. 逆メディアンフィルタによるエッジ強調ハーフトーン
  10. 反転逆バイラテラルフィルタによる陰陽模様風画像
  11. 逆ロバーツフィルタによるクレープ紙風画像
- また、逆フィルタを用いる以外にも次の6通りのNPRを開発した。

1. 反復勾配モルフォロジカルフィルタによるハーフトーン
  2. 特異値分解によるレオパード柄風画像
  3. バイラテラル包絡フィルタによる干渉模様風画像
  4. バイラテラル下包絡フィルタによる油膜風画像
  5. 線形回帰分析とソーベルフィルタによるハッチング画像
  6. 非線形回帰分析とソーベルフィルタによるレース模様風画像
- さらに、逆バイラテラルフィルタによる墨絵風画像の処理を高速化するために、重み計算の削減に基づいてバイラテラルフィルタの処理を高速化する方法を開発した。

このような非写実的な画像は、テレビやインターネット上では視覚効果の向上のため動画として使用した方がよい場合もある。そこで、今後の課題は提案法を動画に適用できるように拡張することである。

## ■初心者の動作習得に向けた練習支援映像の実時間提示システムの開発

### K26研XIX第455号

稲葉 洋(松江工業高等専門学校情報工学科 准教授)

本研究では、スポーツなどにおける反復練習を通じた動作習得の支援に向け、練習者に自身の動作と目標とする動作との違いを示す映像を実時間で提示するシステムを開発した。また、システムにおいて練習の精度向上に適した提示映像の生成方法を明らかにすべく、種々の方法を検討しそれらに基づき練習を行わせ映像の違いによる振る舞いや傾向の違いを調査した。

スポーツやダンスなどにおいて、初心者がある動作を身につけるには、その動作を繰り返し真似ることが行われる。このような練習は一般に反復練習とよばれる。反復練習には、練習の再現性に欠けることや、練習を一人でを行う場合は正しい練習が行えたかを練習者が確認することが難しいことなどの問題がある。そこで現在、練習者の動作を三次元的に取得し、その動作と目標とする動作との差異を練習者を模したコンピュータグラフィックス(CG)映像を用いて本人に提示することで知覚させ練習を支援するシステムが提案されている。しかしながら、このようなシステムにおいては提示する映像の妥当性の評価や動作習得に適した映像生成の方法については十分検討されていない。このような方法がわかれば、反復練習の精度向上や練習時間の短縮につなげることができる。

開発システムは、次の三つの要素で構成されこれらをリアルタイムで繰り返す: 1)モーションキャプチャ装置を用いた動作の取得、2)目標の動作との違いを示す映像の生成、3)スクリーンなどを通じた映像の提示。これにより、練習者は動作をしながらして目標との動作の違いを理

解し修正につなげる。映像の生成においては、練習者の動作と目標との違いを色の違いに置き換え、練習者を模したCG映像の人体を着色する。本研究ではこの際、直近の動作に基づいて決められる色や過去数回の動作の統計値に基づいて決められる色など、着色の方法が異なる映像を用いて練習者に提示する。

調査では、自転車競技におけるペダリング動作の習得を取り上げ、目標とするクランク回転数(60rpm)を維持させる練習を行う被験者7名(全て男性、平均年齢22.9±7.4才、自転車競技経験無し)に対し、直近1回転から算出される回転数と目標との差異に基づく映像(一回法)、また過去数回の回転における統計量(平均値・中央値・最頻値)に基づく回転数と目標との差異に基づく映像(平均法・中央法・最頻法)の四種類を提示し練習を行わせ、それぞれ二分間のクランク回転数の推移を計測した。計測結果からは、一回法は回転数の標準偏差が小さくかつ目標の維持割合が高くなること、一回法および中央法は標準偏差などの指標が良い傾向を示す者も悪い傾向を示す者も少ないこと、平均法および最頻法は良い傾向を示す者と悪い傾向を示す者が半数近くを占めることなどの知見が得られた。また、結果に対する数学的検定から、中央値に基づく映像は被験者によらず同じ振る舞いをさせる傾向があることが示唆された。本研究により、反復練習において目標との違いを示す映像を提示すること、またその映像を工夫して生成することにより、練習の精度を向上させる可能性があることがわかった。

## ■プログラム欠陥箇所の自動発見に関する研究

### K26研XIX第456号

#### <概要>

私たちの日常生活や産業界のさまざまな活動を支える社会基盤がソフトウェア化し、その不具合が与える影響が大きくなってきた。ソフトウェアの信頼性を向上する技術として、プログラムが意図通りに作動するかを調べる「動的テスト技術」や、プログラムの振る舞いを静的に解析する「自動検証の技術」が大きく進展した。これらの方法を用いることで、検査対象プログラムに不具合があるか否かを調べることができる。しかし、プログラム中のどこが不具合の原因なのかを知ることはできない。現状、技術者が経験と勘を頼りに欠陥箇所を絞り込む。これは膨大な手作業であり、ソフトウェアの信頼性向上を妨げている。

本研究の目的は、動的テストや自動検証の方法で、不具合を持つことがわかったプログラムを対象として、その不具合原因となった欠陥箇所を自動発見する方法を確立することである。研究の枠組みとして、1987年に人工知能の研究者R. Reiterが提案した「モデルベース診断(MDD)」の考え方を採用する。これによると、与えられたプログラムを抽象化した「モデル」を数理論理の式で表現し、形式推論によって欠陥箇所を特定する。従来は形式推論を自動化することが困難だった。一方、2000年頃より命題論理式の充足性判定を高速に行うSAT技術が進展し、この技術を活用したプログラム自動検証の技術が進歩した。本研究は、MDDとSATによる自動検証を組み合わせることで、欠陥箇所の自動特定を可能にする。

中島 震(国立情報学研究所アーキテクチャ科学研究系 教授)

プログラムの実行列、満たすべき性質、不具合を導く入力データ値からなる全体のモデルを論理式で表す。不具合があるので、この論理式全体は充足不能になる。一方、充足不能な論理式に対して、「修正部分式」を求めることができる。修正部分式とは、これを除去することで、残りの論理式を充足させる部分式のことである。この修正部分式の中に求める欠陥箇所があると考えれば良い。この時、プログラムの論理式表現と、修正部分式を効率よく求める探索方法の確立が技術的な課題となる。

本研究では、プログラムの制御フローグラフと等価な論理式表現と動的テストで得られる情報を活用した簡素化表現を考案した。開発した研究試作ツールを産業界提供のプログラムに適用する実験によって、提案方法の有効性を確認した。プログラムには複数の欠陥が混在することが多い反面、従来に関連研究では、単一欠陥を仮定していた。本研究では、複数欠陥のあるプログラムに対しても良い精度で欠陥箇所を発見可能なことを確認した。

本研究で得られた成果は、プログラムだけではなく、ソフトウェア・デザイン記述にも適用可能と考えられる。実際、厳密に形式化した状態遷移ダイアグラムによるデザイン記述をもとに、スマートフォンのエネルギー消費に関わる不具合の欠陥箇所特定ができることがわかった。さまざまな対象への応用が可能な基礎的な方法を確立したといえる。

## 「第15回 理事会」開催

平成29年5月19日(金)17:00より、キャッスルプラザにて、第15回理事会が開催されました。

今回の理事会は、

- ① 平成28年度 事業報告書及び決算書類の承認の件
- ② 平成29年度 基本財産指定承認の件
- ③ 公益目的事業遂行のため基本財産の一部を処分することの承認の件
- ④ 第15回評議員会(定時)の日時及び場所並びに目的である事項決定の件
  - ・平成28年度 事業報告書及び決算書類の承認の件
  - ・平成29年度基本財産指定の件
  - ・公益目的事業遂行のため基本財産の一部を処分することの承認の件
  - ・理事辞任に伴う補欠理事選任の件
  - ・評議員辞任に伴う補欠評議員選任の件
  - ・第15回理事会の報告

が審議され、いずれの議案も原案通り承認可決されました。



会議の様子

## 「第15回 定時評議員会」開催

平成29年6月6日(火)16:30より、キャッスルプラザにて、第15回定時評議員会が開催されました。

今回の評議員会は、

- ① 平成28年度 事業報告書及び決算書類の承認の件
- ② 平成29年度基本財産指定の件
- ③ 公益目的事業遂行のため基本財産の一部を処分することの承認の件
- ④ 理事辞任に伴う補欠理事選任の件
- ⑤ 評議員辞任に伴う補欠評議員選任の件

が審議され、いずれの議案も原案通り承認可決されました。

また、先立って行われました理事会の決議内容について報告を行いました。



会議の様子

## 「第4回 臨時理事会」開催

平成29年6月6日(火)17:30より、キャッスルプラザにて、第4回臨時理事会が開催されました。

今回の臨時理事会は、

- ① 役付理事選定の件
- ② 代表理事選定の件
- ③ 本財団保有の株式の発行会社の株主総会の議決権行使の承認及び議案の賛否を理事長に一任する件

が審議され、いずれの議案も原案通り承認可決されました。



会議の様子

## 訃報

平成29年7月23日 元選考委員 東京工業大学・武蔵工業大学 名誉教授  
志村 正道氏が享年82歳で永眠されました。

心から哀悼の意を表すとともに謹んでご冥福をお祈り申し上げます。

# 動き

## ☆事務局日誌より☆

### 平成29年

#### 4.1

- 新年度発足

#### 4.24

- 監査役より第21期(平成28年度)の監査報告書を理事長に提出

#### 5.15

- ホームページに公募を掲載

#### 5.19

- 第15回理事会を開催

#### 5.23

- 平成29年度助成金に対する「応募要領」を各大学関連学部等に発送

#### 6.1

- 平成29年度助成金交付申請受付開始(研究助成、フォーラム・シンポジウム等開催助成)  
募集期間:平成29年6月1(木)～8月31日(木)

#### 6.6

- 第15回定時評議員会開催
- 第4回臨時理事会開催

#### 6.12

- 内閣府へ業務報告書、財務諸表等報告

#### 6.14

- K通信41号発行・発送

#### 8.17～19

- 第17回Kフォーラム開催  
「ざつくばらんフォーラム  
今のこれからのロボット・人工知能・脳科学」

#### 8.31

- 平成29年度助成金交付申請受付締切  
応募総件数:192件

#### 10.28

- 選考委員会開催  
キャッスルプラザ

## CONTENTS

◇ 第17回Kフォーラム開催	1
◇ Robo Cup2017名古屋世界大会	4
◇ 平成29年度助成事業報告	4
◇ 助成完了報告概要	7
◇ 第15回理事会開催	23
◇ 第15回定時評議員会開催	23
◇ 第4回臨時理事会開催	23