

愛知工業大学
プロジェクト共同研究シンポジウム

第 14 回（令和元年度、令和 2 年度）
シンポジウム予稿集

日 時 : 令和 3 年 12 月 1 日（水曜日）13 : 00～15 : 35

第14回（令和元年度、令和2年度） 愛知工業大学プロジェクト共同研究シンポジウム

総合技術研究所では、産学連携研究推進事業の推進を目的として令和元年度、2年度には28件のプロジェクト共同研究を実施しております。つきましては、この中の24件について研究成果報告を中心とするシンポジウムを下記要領で開催いたします。

日 時： 令和3年11月29日（月曜日） 13時00分～15時50分
令和3年12月1日（水曜日） 13時00分～15時35分
令和3年12月3日（金曜日） 13時00分～15時35分
実施方法： オンライン配信（ウェビナー）

総合技術研究所 所長 鈴置保雄

《シンポジウムプログラム》

研究成果発表

発表時間：A研究20分（講演15分、QA5分）、B研究15分（講演12分、QA3分）

11月29日（月）

13:00～13:10

挨拶、本学産学官連携の概要および進め方について

総合技術研究所 所長 鈴置保雄

<座長 岩田博之 教授>

13:10～13:30（A研究・新規）

「時系列トラストの検証法に関する研究」

情報科学科・教授 河辺義信、日本電信電話株式会社 NTT セキュアプラットフォーム研究所

13:30～13:50（A研究・継続）

「センサとインタラクション技術を活用した歩行リハビリ支援システムの開発」

情報科学科・教授 水野慎士、医療法人社団大室整形外科

13:50～14:10（A研究・継続）

「デジタル映像を用いた新しい生け花表現の創造に関する研究」

情報科学科・教授 水野慎士、一般社団法人龍生華道会

<座長 近藤元博 教授>

14:10~14:30 (A 研究・新規)

「地震動到着時の緊急対応と発災後の応急対応を支援する総合地震防災システムの構築」
土木工学科・教授 横田 崇、株式会社エーアイシステムサービス

14:30~14:50 (A 研究・継続)

「合成床板のコンクリートの充填、空隙および滞水検知装置に関する研究」
建築学科・教授 瀬古繁喜、日本車輛製造株式会社/
ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社

14:50~15:10 (A 研究・新規)

「コンクリート躯体の施工の信頼性向上技術の研究」
建築学科・教授 瀬古繁喜、株式会社竹中工務店

15:10~15:30 (A 研究・新規)

「キノン系化合物と多孔質炭素との複合化とその電気化学キャパシタ特性評価」
応用化学科・准教授 糸井弘行、川崎化成工業株式会社

15:30~15:50 (A 研究・新規)

「金属ナノ粒子と担体のナノレベルでの複合化により発現する物性の評価と TEM 観察による構造評価」
応用化学科・准教授 糸井弘行、株式会社豊田中央研究所

12月1日(水)

13:00~13:10

挨拶、本学産学官連携の概要および進め方について
総合技術研究所 所長 鈴置 保雄

<座長 津田紀生 教授>

13:10~13:30 (A 研究・新規)

「半導体デバイス洗浄における機械学習を用いた静電気障害の予知技術の確立」
電気学科・教授 清家善之、旭サナック株式会社

13:30~13:50 (A 研究・継続)

「超音波洗浄技術を用いた次世代半導体デバイスの洗浄技術に関する研究」
電気学科・教授 清家善之、本多電子株式会社

13:50~14:05 (B 研究・新規)

「人工知能によるアスファルト舗装面のひび割れ判別の実用化」
土木工学科・准教授 山本義幸、三陸土建株式会社

14:05~14:25 (A 研究・継続)

「交流/直流給電・配電における保護装置の開発」
電気学科・教授 雪田和人、日東工業株式会社

14:25~14:40 (B 研究・新規)

「生産工程で使える非接触データ入力手法の検討」
情報科学科・教授 塚田敏彦、合同会社YYCソリューション

14:40~14:55 (B 研究・新規)

「樹脂透明部分の外観検査手法の検討」
情報科学科・教授 塚田敏彦、株式会社三弘

<座長 小野木克明 教授>

14:55~15:15 (A 研究・新規)

「スマートワークを実現するためのデータ分析と可視化に関する研究」
情報科学科・教授 菱田隆彰、株式会社リオ

15:15~15:35 (A 研究・継続)

「IoT とエッジコンピューティングによるヘルスケアおよび FA システムの研究」
情報科学科・教授 中條直也、三菱電機エンジニアリング株式会社

12月3日(金)

13:00~13:10

挨拶、本学産学官連携の概要および進め方について
総合技術研究所 所長 鈴置 保雄

<座長 羽田裕 教授>

13:10~13:30 (A 研究・新規)

「燃料多様化に対応した燃焼解析」
機械学科・教授 西島義明、株式会社豊田自動織機

13:30~13:50 (A 研究・継続)

「噴霧燃焼解析によるエンジンの熱効率改善」
機械学科・教授 西島義明、株式会社デンソー

13:50~14:05 (B 研究・新規)

「深紫外光を用いたウイルス対策機器の研究・開発」
電気学科・教授 古橋秀夫、ステリエルエアージャパン株式会社/
株式会社 AIKI リオテック/株式会社池戸溶接製作所

14:05~14:20 (B 研究・新規)

「自動車消費者潜在ニーズの調査および解析」
経営学科・講師 福澤和久、株式会社矢野経済研究所

<座長 小野木克明 教授>

14:20~14:40 (A 研究・新規)

「RFID と画像認識技術を融合した次世代データ解析システムの研究開発」
情報科学科・准教授 内藤克浩、Ultimatrust 株式会社

14:40~15:00 (A 研究・継続)

「IoT サービス用シームレスプラットフォームシステムの基礎研究」
情報科学科・准教授 内藤克浩、株式会社モビリン

15:00~15:15 (B 研究・新規)

「セキュリティ通信プロトコルを使用する Edgexcross システムの研究」
情報科学科・准教授 内藤克浩、三菱電機株式会社

15:15~15:35 (A 研究・継続)

「FA 機器の相互作用を考慮した保守管理と同期制御手法の検討」
情報科学科・准教授 梶 克彦、三菱電機株式会社名古屋製作所

閉会

半導体デバイス洗浄における機械学習を用いた 静電気障害の予知技術の確立

[研究代表者] 清家善之 (工学部電気学科)

[共同研究者] 森 竜雄 (工学部電気学科)

瀬川大司、小林義典、宮地計二 (旭サナック株)

研究成果の概要

液晶や有機 EL デバイスを用いたフラットディスプレイパネル(FPD)は、スマートフォンやテレビなどの情報通信機器、エアコン、冷蔵庫などの家電製品、自動車など暮らしを支える多くの製品に必要不可欠となっている。FPDの製造は最大3メートル角のマザー基板上に回路を形成するが、そのプロセスには多くの洗浄工程があり、基板サイズが大きいことから枚葉式洗浄が行われている。そのため純水を3MPaから20MPaで加圧噴射させる高圧スプレーでの洗浄は異物除去として広く使われている。しかしこの洗浄方法は純水を高圧スプレーする際に基板上の回路に静電気障害(ESD: Electro static discharge)を生じさせる課題がある。この静電気障害を防止するために、純水に炭酸ガス(CO₂)を注入させる方法や、純水に微量のアンモニアを添加させ電気分解させたアンモニア水素水を用いて、純水の伝導率を下げる方法で対策している。しかし、純度の高い純水に不純物を入れてしまうという問題がある。またこれらの静電気障害の解明や対策は、生産現場の経験的に基づいて行われていて学術的な報告はまだ少ない。

我々は現在までに高圧スプレーで洗浄する際に生じる静電気障害は、ノズルから噴射する純水の液滴の挙動に大きく起因することを解明してきた。同時に静電気を発生する要因は一つだけでなく、純水の温度、純水の導電率、ノズルの種類など、多くの要因に起因することを確認した。さらに静電気障害を防止するために、純水を加温し、純水に負の高電圧を印加することで、高圧スプレーから発生する電荷量を制御できることを明らかにした。今回、機械学習を用いて高圧スプレー洗浄における静電気障害の予知技術について取り組む。本技術を確立すれば世界で初めて、AIを用いた静電気の発生状況を予知し、ノズルへの高電圧印加や最適な炭酸ガスの注入によって静電気障害を防止することができ、世界のFPD製造プロセスに大きな飛躍をもたらすものになる。今年度は高圧スプレーで発生する静電気測定システムの各部にセンサを取り付け、多変量で測定できるようにし、実際に機械学習を用いて予知を行った。

研究分野：電気電子材料、品質工学

キーワード：半導体デバイス、静電気障害、高圧スプレー、純水、ファラデーケージ、フラットパネルディスプレイ

1. 研究開始当初の背景

液晶パネルや有機ELを代表するフラットパネルディスプレイ(FPD)は、スマートフォン、テレビ、カーナビなどに広く使われ、世の中で必要不可欠なものとなっている。FPDの製造はガラス基板上に各機能膜を積層製膜し、デバイスを形成するが、その前後工程には必ず洗浄工程が存在する。特に液晶テレビ用のマザーガラス基板であると、厚さ0.3mmから0.7mmで3メートル角という大きさである。その洗浄にはスプレーを扇形状に広げて、複数のノズ

ルを配置する方法が広く用いられている。しかしこの洗浄方法は純水をスプレーする際に半導体デバイスに静電気障害(Electro Static Discharge: ESD)を生じる問題があり、静電気障害を防止するために純水に炭酸ガスを混入させ純水の伝導率を下げる方法で対策しているが、純度の高い純水に不純物を入れてしまうという問題やコスト高の問題がある。これらの静電気障害の解明や対策は、生産現場で経験的に行われており、学術的な報告はまだ少ない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、純水を高圧でスプレー洗浄する際に生じる静電気障害を防止するために、静電気の発生メカニズムを解明し、さらに純水の改質を行わない新たな静電気防止方法を見出すことである。本年度は実際にノズルに電圧を印加させイオン化させた純水を噴射する方法、純水を加温する方法、それらを組み合わせた方法において、静電気発生量を確認した。

3. 研究の方法

(1) 実験システム

図 1 に機械学習をおこなうため構築した多変量測定可能な静電気測定システムを示す。入力は、噴射圧力、水温、純水の比抵抗値、純水の圧力、比抵抗値および静電気を制御するためにノズルに印加した高電圧の 6 水準であり、出力はファラデーケージから流れる電流値である。機械学習は MATLAB 社が提供する回帰学習のアルゴリズムで行った。学習アルゴリズムは線形回帰、回帰木、サポートベクターマシン (SVM)、アンサンブル、ガウス過程回帰の 5 種で行った。また学習データをデータの 8 割、検証用データを 2 割とした。

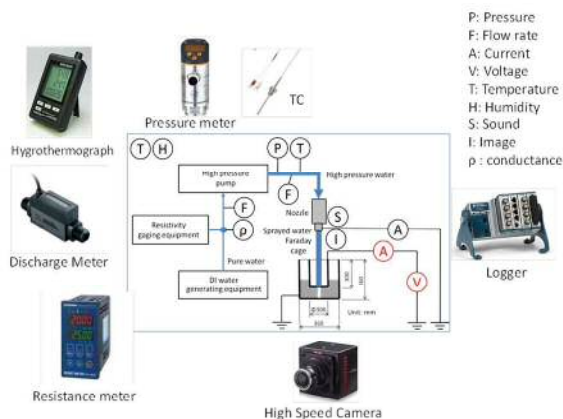


図 1 構築した多変量測定可能な静電気測定システム

4. 研究成果

図 2 は一例として、アンサンブルアルゴリズムを使って機械学習を行い、噴射圧力に対する予測値と検証用データを比較した結果である。機械学習で得られたモデルをもとにした予測値と検証用データの二乗平均平方誤差(RMSE)は、 $0.356\mu\text{A}$ で、決定係数 R^2 は 0.98 であり、高い精度で予測することができた。予測値の誤差を小さくするには、

ポンプの改良による圧力変動の低減や純水の比抵抗値や温度の安定性を向上させる必要がある。今後、トレーニングデータを増し、モデルの精度を向上させる。またこのモデルを FPGA 等に搭載して、静電気障害の予知予防を行うシステムを構築する。

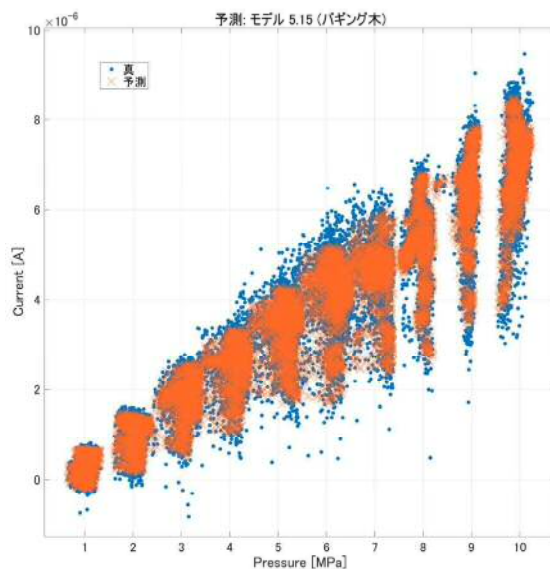


図 2 回帰木で機械学習を行った場合の予測値と検証用データとの比較

5. 本研究に関する発表

- (1) Yoshiyuki Seike, Yasuaki Fukuoka, Tatsuo Mori, Taishi Segawa, Yoshinori Kobayashi, Keiji Miyachi ; ” Clarification and Countermeasures of Electrostatic Discharge in High-Pressure Spray Cleaning During Flat-Panel Display Manufacturing” , Electrical Overstress / Electrostatic Discharge Symposium Proceedings 2020, pp.215-220, (2020).
 - (2) 福岡靖晃, 原田翔太, 日比信利, 綿貫裕太, 森 竜雄, 瀬川大司, 小林義典, 宮地計二, 清家善之: 純水の高圧噴霧における帯電特性, 電気学会 全国大会, 1-048. 2021/3/9
 - (3) 瀬川大司, 小林義典, 宮地計二, 福岡靖晃, 清家善之: 超高圧スプレー洗浄の多因子解析による帯電メカニズムの考察, 界面ナノ電子化学研究会フォーラム 2020 Web, (2020).
 - (4) 福岡靖晃, 原田翔太, 日比信利, 綿貫裕太, 森竜雄, 瀬川大司, 小林義典, 宮地計二, 清家善之:多変量解析を用いた高圧スプレー洗浄時の静電気発生の要因, RCJ 信頼性シンポジウム, (2020).
- 他 1 件

超音波洗浄技術を用いた次世代半導体デバイスの 洗浄技術に関する研究

[研究代表者] 清家善之 (工学部電気学科)

[共同研究者] 森 竜雄 (工学部電気学科)

本多祐二、疋田智美、佐藤正典 (本多電子㈱)

研究成果の概要

近年、大手半導体デバイスメーカー TSMC(Taiwan Semiconductor manufacturing Company Ltd.)がゲート長 5nm というロジック半導体の量産を行うなど、デバイスの微細化が進んでいる。半導体デバイスの製造工程において、シリコンウェハ上のナノメートルオーダーの異物(パーティクル)の除去の必要性から、製造工程の 1/3 は洗浄工程とされている。半導体デバイスは 1 バッチ 25 枚のフープの単位で、アンモニア水、過酸化水素水、塩酸等に温度をかけた薬品に、順次浸漬させる RCA 洗浄が一般的であった。しかし最近では、環境負荷低減の目的や半導体のデバイスの多品種化のため枚葉式の洗浄工程が増えてきている。枚葉式洗浄において超音波洗浄は有効な洗浄方法であり、スプレー型と振動体型が使用される。超音波スプレー洗浄は超音波振動子から純水に超音波の振動を与えることによって水分子を加速させて洗浄する方法である。一方、振動体超音波洗浄は、石英などの振動体を介することにより、水分子を加速させ洗浄する方法である。いずれの方法も超音波の周波数が高いほど小さなパーティクルが落ちる。つまり、洗浄対象のパーティクルが小さくなると、より高周波数の超音波振動が必要となる。しかし上述した分子レベルの配線幅になると水の表面張力のために水が配線間に入らず洗浄不良になる問題や超音波振動で配線にダメージを与えてしまうという課題がある。本研究では、本多電子株式会社と共同で、周波数 1 MHz から 5MHz の超音波振動体洗浄技術を用いて、次世代の半導体デバイス洗浄技術を目指す。本年度は、周波数 1MHz の石英振動体型超音波洗浄装置を開発し、サイズ 1 μm のポリスチレンラテックス(PSL)粒子を用いて洗浄実験を行い、有効性を見出した。

研究分野：電気電子材料、品質工学

キーワード：半導体デバイス、石英振動体型超音波洗浄、超音波スプレー洗浄、ポリスチレンラテックス(PSL)粒子、洗浄、純水、エレクトロスプレー

1. 研究開始当初の背景

近年、大手半導体デバイスメーカー TSMC 社がゲート長 5nm というロジック半導体の量産を行うなど、デバイスの微細化が進んでいる。半導体デバイスの製造工程において、シリコンウェハ上のナノメートルオーダーの異物(パーティクル)の除去の必要性から、製造工程の 1/3 は洗浄工程とされている。最近では、環境負荷低減の目的や半導体のデバイスの多品種化のため枚葉式の洗浄工程が増えてきている。枚葉式洗浄において超音波洗浄は有効な洗浄方法であり、スプレー型と振動体型が使用される。超音波スプレー洗浄は超音波振動子から純水に超音波の振動を与え

ることによって水分子を加速させて洗浄する方法である。一方、振動体超音波洗浄は、石英などの振動体を介することにより、水分子を加速させて洗浄する方法である。いずれの方法も超音波の周波数が高いほど小さなパーティクルが落ちる。つまり、洗浄対象のパーティクルが小さくなると、より高周波数の超音波振動が必要となる。しかし上述した分子レベルの配線幅になると水の表面張力のために水が配線間に入らず洗浄不良になる問題や超音波振動で配線にダメージを与えてしまうという課題がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高い周波数 1 MHz から 5 MHz の超音波振動体洗浄技術を用いて、次世代の半導体デバイス洗浄技術を目指す。本年度は、周波数 1MHz の石英振動体型超音波洗浄装置を開発し、サイズ 1 μm の PSL 粒子を用いて洗浄実験を行い、この装置の有効性を見出す。

3. 研究の方法

研究は以下の手順で行う。

- (1) 石英振動体型超音波洗浄装置の開発
- (2) 洗浄力評価

4. 研究成果

- (1) 石英振動体型超音波洗浄装置の開発

開発した周波数 1MHz 石英振動体型超音波洗浄装置の外観を示す。装置の特長は、振動体を石英ガラスで製作し、面内の音圧分布が一定になるように、底面を 45° で切断したことである。



図 1 試作したの外観

- (2) 洗浄力評価

図 2 は周波数 1MHz の石英振動体型超音波洗浄装置を用いて、発振器出力に対するシリコンウェハに付着させた PSL 粒子の除去率を示している。この結果は汚染基板を 10 分間の 100°C での熱処理を行った後に、石英振動体型超音波洗浄装置で 5 秒間洗浄した結果である。石英振動体型超音波洗浄装置の底面からの洗浄距離は 2mm である。使用した PSL 粒子径は 0.03 μm 、0.1 μm 、0.2 μm 、1 μm である。発振器出力が高くなるにつれて、各サイズのパーティクルの除去率は高くなる傾向が見られた。また、パーティクルサイズ 1 μm のものが最も除去率が高く、10W で 74% の除去率が得られている。この結果から、発振器出力を増加させればより高い除去率が得られることがわかる。これらの結果は我々の仮説と一致した。

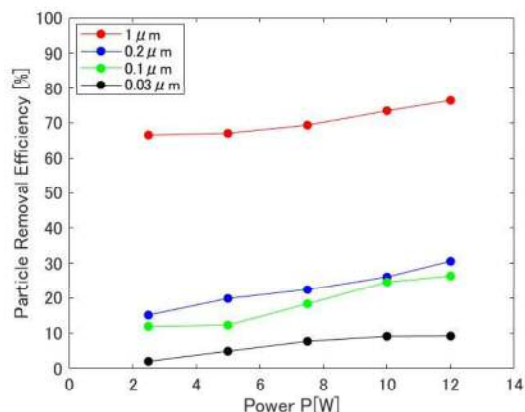


図 2 石英振動体型超音波洗浄装置の発信出力と PSL 粒子の除去率の関係 (周波数 1MHz)

5. 本研究に関する発表

- (1) 高木羅以, 森 竜雄, 一野祐亮, 本多祐二, 疋田智美, 清家善之: 新たな超音波振動体型洗浄装置開発と CMP プロセス応用への可能性, プラナリゼーション CMP とその応用技術専門委員会, (2021).
 - (2) 高木羅以, 西岡聖純, 森 竜雄, 疋田智美, 本多祐二, 清家善之: 超音波振動体型洗浄装置の基礎特性とポリエスチレンラテックス粒子の除去率関係性, 界面ナノ電子化学研究会フォーラム 2020, (2020).
 - (3) Y. Seike, R. Sawaki, R. Shimizu, T. Hikida, Y. Honda, M. Sato, T. Mori, Analysis of Polyethylene Latex Particle Removal Mechanism on SiO₂ Wafer Using Ultrasonic Spray Cleaning, ECS Transactions, 92(2), 199- 207, 2019.
 - (4) 村上良輔, 岡田隼樹, 森 竜雄 疋田智美, 本多祐二, 佐藤正典, 清家善之, 超音波振動体型洗浄装置を用いたサブミクロンポリエスチレンラテックス粒子の除去評価, 応用物理学会 界面ナノ電子化学研究会(INE) 第 5 回ポスター展, (2020).
 - (5) 清家善之, 多様化する電子デバイスの物理洗浄 ～スプレー洗浄の有用性とその課題～, 応用物理学会秋季学術講演会, (2019).
 - (4) 澤木良河, 清水涼介, 疋田智美, 本多祐二, 佐藤正典, 森竜雄, 清家善之, PSL 粒子を用いた超音波洗浄評価技術, 応用物理学会 界面ナノ電子化学研究会(INE) 第 4 回ポスター展, 慶応大学日吉キャンパス (神奈川), (2019).
- 他 2 件

人工知能によるアスファルト舗装面のひび割れ判別の実用化

[研究代表者] 山本義幸 (工学部土木工学科)

[共同研究者] 木下伸一 (三陸土建(株))

研究成果の概要

日本ではインフラ施設の多くで老朽化が進行しており、その維持管理が課題となっている。中でも道路は主たる対象の一つである。我々の研究ユニットは、従前から舗装面のひび割れ判別に関する研究に取り組んできたが、判別結果（ひび割れの有無の二択）が正解でも、部分的に、ひび割れ箇所以外がひび割れとして応答（特徴マップでの強度）しているケースを確認した。そこで、判別率をさらに向上させるためには、ハイパーパラメータを適切に設定し誤った応答を改善することが一解決策と考える。

本研究の目的は、深層学習によるアスファルト舗装面のひび割れ判別において、ハイパーパラメータの適切な設定により特徴マップの誤応答を改善し、判別率を向上させ実用化に至ることである。従来、ハイパーパラメータは、判別率の良否を指標として試行錯誤的に設定してきた。我々は、深層学習の中間層を可視化することで、論理性を付加したハイパーパラメータの設定指針が得られるのではないかと考え、訓練データの主成分分析や中間層の可視結果（特徴マップ）を分析し、誤応答を改善しえるハイパーパラメータを検討した。

訓練データの主成分分析から得た累積寄与率のグラフより、舗装面画像は、ひび割れあり・なしともに、自然画像よりも低次元の空間で多くの情報を表現できることが示された。これは、自然画像は特徴が多いのに対して、ひび割れあり・なし画像は舗装面という特徴が少ない画像であるためと推察される。ここで、95%以上の累積寄与率となる主成分の範囲について100主成分ずつで調べた。自然画像では、第1600主成分、ひび割れありでは第200主成分、なしでは第600主成分となった。以上から、学習データとして、情報量を大幅に削減可能であることが示された。具体的には、地上分解能の低下やグレースケールにするなどの効率的な手法が提案できる。ハイパーパラメータにおいては、畳込み層・プーリング層を削減可能ということが明らかになった。

研究分野：地理空間情報工学

キーワード：人工知能、アスファルト舗装面、ひび割れ

1. 研究開始当初の背景

日本ではインフラ施設の多くで老朽化が進行しており、その維持管理が課題となっている。中でも道路は主たる対象の一つである。我々は、従前から舗装面のひび割れ判別に関する研究に取り組んできた。近年は、人工知能(深層学習(ディープラーニング))の活用を検討している。この結果では、他の先行研究と同程度の高いひび割れ判別率(86%)が示された。しかしながら、深層学習の処理過程(中間層)の可視結果(特徴マップ)において、判別結果(ひび割れの有無の二択)が正解でも、部分的に、ひび割れ箇所以外がひび割れとして応答(特徴マップでの強度)しているケースを確認した。そ

こで、判別率をさらに向上させるためには、ハイパーパラメータ(深層学習のパラメータのうち人が調整するパラメータ)を適切に設定し誤った応答を改善することが一解決策と考察している。

2. 研究の目的

本研究の目的は、深層学習によるアスファルト舗装面のひび割れ判別において、ハイパーパラメータの適切な設定により特徴マップの誤応答を改善し、判別率を向上させ実用化に至ることである。従来、ハイパーパラメータは、判別率の良否を指標として試行錯誤的に設定してきた。申請者は、深層学習の中間層を可視化することで、

論理性を付加したハイパーパラメータの設定指針が得られるのではないかと考えた。訓練データの主成分分析や中間層の可視結果（特徴マップ）を分析することで、誤応答を改善しえるハイパーパラメータを検討した。

3. 研究の方法

舗装面のひび割れあり画像、ひび割れなし画像から10枚ずつ抽出し、これらについて主成分分析を行った。また、比較対象として自然画像のデータセット深層学習の研究分野でサンプルデータとしてよく利用されるCIFAR-10 画像データセット（以下、自然画像）に対しても主成分分析を行った。ここで、主成分分析での計算負荷を抑えるため、舗装面画像は、32画素×32画素に分割して、320枚ずつを分析した。図1に、主成分分析に使用したひび割れあり画像の一覧を示す。

4. 研究成果

図2～図4に、累積寄与率のグラフを示す。これを見ると、舗装面画像は、ひび割れあり・なしともに、自然画像よりも低次元の空間で多くの情報を表現できることが示された。これは、自然画像は特徴が多いのに対して、ひび割れあり・なし画像は舗装面という特徴が少ない画像であるためと推察される。ここで、95%以上の累積寄与率となる主成分の範囲について100主成分ずつで調べた。自然画像では、第1600主成分、ひび割れありでは第200主成分、なしでは第600主成分となった。以上から、学習データとして、情報量を大幅に削減可能であることが示された。具体的には、地上分解能の低下やグレースケールにするなどの効率的な手法が提案できる。ハイパーパラメータにおいては、畳込み層・プーリング層を削減可能ということが明らかになった。



図1 自然画像の一部

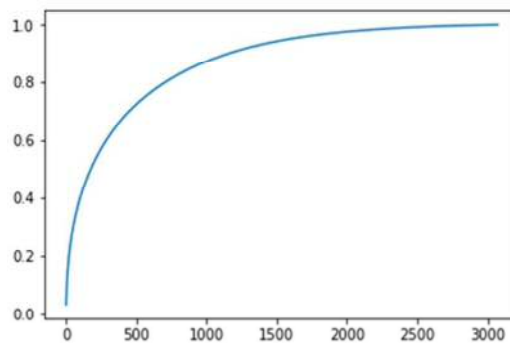


図2 累積寄与率（自然画像）

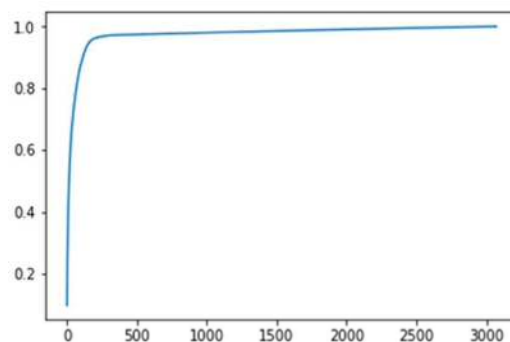


図3 累積寄与率（ひび割れあり）

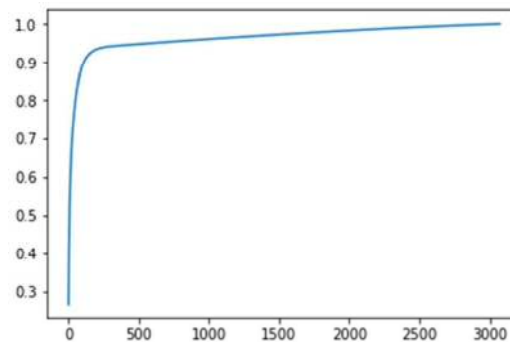


図4 累積寄与率（ひび割れなし）

5. 本研究に関する発表

- (1)山本義幸、“小型カメラで近接撮影されたアスファルト舗装画像に対する深層学習によるひび割れ判別：特徴マップの可視化によるアプローチ”、応用測量論文集、31巻、pp.123-132、2020
- (2)竹内祐太郎・山本義幸、“深層学習によるアスファルト舗装面のひび割れ判別における学習データの検討 -主成分分析によるアプローチ-”、令和2年度土木学会中部支部研究発表会、IV-59、2021

交流／直流給電・配電における保護装置の開発

[研究代表者] 雪田和人（工学部電気学科）

[共同研究者] 日東工業㈱

《掲載不可》

生産工程で使える非接触データ入力手法の検討

[研究代表者] 塚田敏彦 (情報科学部情報科学科)

[共同研究者] 三和田靖彦 (YYC ソリューション)

研究成果の概要

本研究では、非接触で文字を入力する手法について検討を行った。非接触での文字入力、FA の現場では作業効率を向上させるため、日常生活では衛生面でのメリットがあり需要が高まっている。本研究では入力デバイスの低コスト化を意識して、手指の3次元動作を認識可能な低コストセンサとして普及している Leap Motion を利用して検討を実施した。

文字を入力する方法は、スマートフォンなど携帯電話での文字入力方法として多く用いられているフリック入力を採用した。フリック入力は、モニタ画面上に表示された文字候補から入力したい文字を選択して入力を行う。フリック入力での文字の選択を非接触化するために、Leap Motion が認識可能な手指ジェスチャの解析を行い、正確性と時間的に有用であると思われる2つの手法を提案した。手法1は、指先を空中で回すサークルと指先を移動させるスワイプのジェスチャを用いた方法。手法2は、候補となる文字領域で一定時間以上滞在させることにより選択する方法である。それぞれの手法について Leap Motion を用いた入力システムを試作して基礎的な検討を行い、パラメータを最適化して被験者による評価実験を行った。実験の結果、限られたサンプル数ではあるが、手法2の方が、正確性が高く、入力に要する時間も短く、慣れに要する時間も少なく優位であることが見出された。

研究分野: 画像センシング

キーワード: 非接触、文字入力、LeapMotion、フリック入力

1. 研究開始当初の背景

工場などのFA現場では、安全用保護具として手袋を用いることが多い。このため現場でのデータ入力では、作業効率を向上させるために手袋を外さずに操作可能な機器が求められている。また、近年では日常生活において、衛生面でのメリットから非接触で文字やデータの入力に対するニーズが高まってきている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、FA現場や日常生活の場面で適用可能な非接触での文字入力方法を開発することである。開発する方法に求められる性能として、使う人が直感的に理解しやすい入力方法であり、意図した文字を正確に早く入力できることを目標とする。さらに導入するためのコストもできるだけ安く抑えることが目標である。

3. 研究の方法

文字を入力する方法は、スマートフォンなど携帯電話での文字入力方法として多く採用され、一般になじみのあるフリック入力を採用した。フリック入力は、モニタ画面上に表示された文字候補から入力したい文字を選択して入力を行う方法である。本研究では、フリック入力での文字の選択を非接触化する方法について検討を行った。非接触で文字を選択するための入力デバイスとして、手指の3次元動作を認識可能な低コストセンサとして普及している Leap Motion を採用した。Leap Motion が認識可能な手指ジェスチャの解析を行い、正確性と時間的に有用であると思われる2つの手法を提案した。手法1は、指先を空中で回すサークルと指先を移動させるスワイプのジェスチャを用いた方法。手法2は、候補となる文字領域で一定時間以上滞在させることにより選択する方法である。それぞれの手法について Leap Motion を用いた入力システム

を試作して基礎的な検討を行い、パラメータを最適化して被験者による評価実験を行った。

4. 研究成果

図1に、本検討で用いた五十音の文字を入力するための画面と、Leap Motionで認識されるジェスチャの例を示す。フリック入力では、入力したい文字の子音を選択して、次にその行の中から目的の文字を選択して入力する。本研究では、子音の選択と入力文字を決定するための非接触入力方法を検討した。

センサとして用いる Leap Motion は、図に示すような手指の動作とそれが実施された空間位置を認識することができる。これら動作の実際に行い易さと認識性能を評価して手指動作を選定して以下の2つの入力方法を開発した。

【手法1】ジェスチャによる選択

入力したい文字のモニタ上の子音の位置でサークルジェスチャを行う事で子音を選択する。これによりその行の文字が候補として表示されるのでモニタの入力したい文字の方向へ手指をスワイプすることで文字を確定させる。

【手法2】滞在時間による選択

入力したい文字のモニタ上の子音位置に指先を一定時間停止させて子音を選択する。これによりその行の文字が候補として表示される。次にモニタの入力したい文字上で再び指先を一定時間停止させて文字を確定させる。

手法1では、タップキーボードやタップスクリーンの動作についても検討を行ったが、動作の行い易さと認識性能によりサークルとスワイプジェスチャを採用した。

また、手法2では、滞在時間の設定が重要である。これについての評価実験を念入りに実施した結果、習熟度が上がることで滞在時間を短く設定できるが、0.4秒以下とすると通過との区別ができずに誤認識が増え、0.4秒から0.5秒の範囲での設定が有効であることが分かった。それぞれの方法による入力システムを試作し、被験者による評価実験を行った。被験者は、Leap Motionを使用した経験が無い20代の男女20名である。指定した文字列「こんにちは」「さようなら」の入力に要する時間を2回測定した。入力を間違えた場合には修正して入力を行う。測定前には各手法に慣れるための3分間の練習



図1. フリック入力画面と認識ジェスチャ例

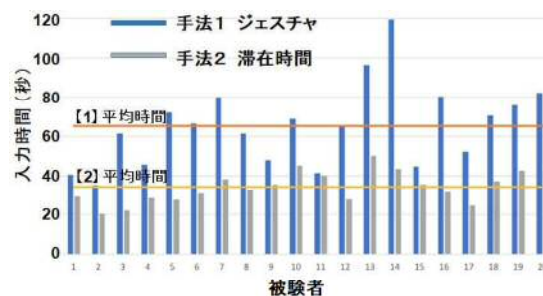


図2. 評価実験結果

表1. 平均入力時間と誤入力平均回数

	平均入力時間(秒)		誤入力平均回数	
	ジェスチャ	滞在時間	ジェスチャ	滞在時間
1回目	69.8	37.6	2.4	2.5
2回目	60.9	30.9	2.0	1.4
平均	65.3	34.3	2.2	2.0

時間を設けた。

図2に実験結果を示す。実験結果より、手法2（滞在時間）の方が手法1（ジェスチャ）よりも早く入力できることがわかる。

表1に、平均入力時間と誤入力平均回数を示す。手法2による入力時間の平均は34.3秒で誤入力は平均2.0回、手法1の平均入力時間は65.3秒で誤入力は平均2.2回であり、いずれも手法2が優れていた。

また、いずれの手法でも1回目よりも2回目の方が入力時間は短縮され、誤入力回数も減少した。習熟の影響が出たためと考えられる。

今後の課題として、実用性を向上させるために、フリック入力用のモニタ画面デザインの最適化が挙げられる。Leap Motionの空間内でのジェスチャ認識感度を考慮することが考えられる。

樹脂透明部品の外観検査手法の検討

[研究代表者] 塚田敏彦 (情報科学部 情報科学科)

[共同研究者] 川瀬 隆、長村伸也 (株三弘 商品開発室)

研究成果の概要

透明樹脂部品の検査は、現在、人による目視検査で行われており、個人差による検出のばらつきや、疲労による見落とし、人件費によるコスト上昇などの課題により自動化への強い要望がある。透明樹脂部品の外観検査の難しさは、対象の材質が透明樹脂であるために、表面の光沢と透明であることと、0.01mm 程度の大きさの異常を高速に見つけなくてはならない点である。また、異常の形態も製造の複雑さから様々な種類があり、大きさや形状の異なる部品を検査しなくてはならない点も自動化が難しい理由である。

研究では、平行光を投射して、スクリーンに映した影を観察する撮像系を考案した。光源から投射された平行光を部品に当てて、部品を透過してできた影をスクリーン上に映し出し撮影を行う。考案した撮像方法によるとスクリーン上の影を観察する際、樹脂部品とスクリーンの間隔に影響されず、また、背景への映り込みの影響を受けずに撮像することができる。撮像された画像から異常部分を抽出するためにエッジを強調するソーベルフィルタ処理を施したフィルタ処理を行い異常部を検出する方法である。

実部品での検証評価実験の結果、実験者が目視で見つけることができるレベルの異常は、輪郭の影の中に異常がある場合以外は全て検出することができた。

今後は、熟練検査員には見つけることができるレベルの異常を、検査員の検査手法を参考にして撮像光学系を改良して検出可能とすることと、影の部分に異常があるものを検出するために、カメラを追加した光学系を検討して行きたいと考えている。

研究分野：画像センシング

キーワード：透明樹脂部品、外観目視検査、自動化、平行光光源

1. 研究開始当初の背景

透明樹脂部品は、意匠部品であり部品にキズや異物が無い状態でなくてはならない。透明樹脂部品の検査は、多くの企業で人による目視で行われている。検査では、白色のLEDライトを透明樹脂部品に投射して異常を見やすくして、1つの部品に対する検査時間を短縮する必要がある。また、個人差による検出のばらつきや、疲労による見落とし、人件費によるコスト上昇などの課題により検査自動化への強い要望がある。

透明樹脂部品の外観検査の難しさは、0.01mm 程度の大きさの異常を早く見つけなくてはならない点である。また、異常の形態も様々な種類があり、大きさや形状の異なる透

明樹脂部品を検査しなくてはならない点も自動化が難しい理由である。

2. 研究の目的

本研究では、透明樹脂部品の画像センシング方法を工夫して、異常部分を際立たせて撮像する方法を提案し、画像処理による樹脂部品の外観検査自動化を検討する。

今回対象とする透明樹脂部品は、検査をする際、部品が透明なため背景の色に影響されやすく、光源とセンサの位置関係の設定が難しいとされてきた。また、光沢によりワーク表面が鏡面的であり、画像処理で用いるカメラや照明など周囲機器がワーク表面に映りこむことも、異常が見え

にくくなる要因で検査の自動化が難しいとされてきた[1]。

今回対象とする異常の種類は4種類あり、異物、フラッシュ、キズ、打痕である。樹脂部品は溶けた樹脂を型に流し込み、固めて成形される。それぞれの工程で異常が発生する。異物は樹脂を流し込む際、ホコリやゴミが混入してできる異常である。フラッシュは別名銀条と呼ばれており、材料の乾燥不足、射出速度が速い、射出時に気泡が入り込むなどの原因でできる異常である。キズは機械や器具の接触、ワーク同士のぶつかりによってできる異常である。打痕は部品を運ぶ際、接触や振動によってできる異常である。

3. 研究の方法

(1) 検査の原理

対象物に平行光を投射して、異常部による光の乱反射による明暗の差を検出することによって異常部を見つけ出す方法を検討する。

図1に、異常部による光の屈折で、検出光の強度が変化する原理を模式図で示す。図1右側のように、平行光を異常部に投射すると、光が減衰・屈折して、異常部での検出光の強度が低下し、異常が見えるという原理である。

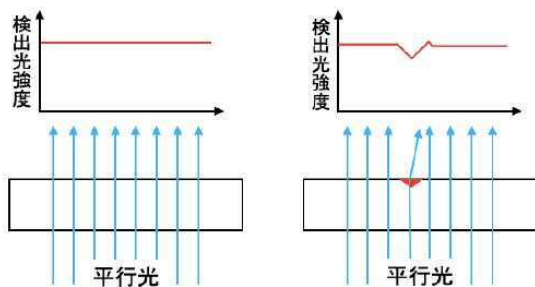


図1. 検査原理

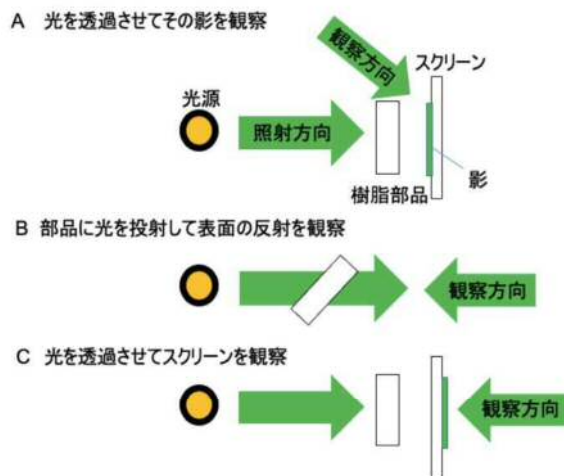


図2. 検査対象の観察方法

(2) 検査方法

図2に、透明樹脂部品に対して考案した3つの観察方法を示す。図2 Aは、光を透過させてスクリーン上の影を観察する方法である。観察方向から見える距離まで間隔をとると、影がぼやけて観察が困難となる。Bは、部品に光を投射して表面の反射を観察する方法である。この方法で樹脂部品を観察すると、透明なため背景部分に影響されやすく、光源やその他の周辺機器が映り込みうまく除去した処理ができないと考えた。Cは、光を透過させてスクリーン上の影を観察する方法である。スクリーン上の影を観察するため、フィルタ処理を行う際、背景の映り込みに影響されることがない。また、観察方向が光源に対して、直線上にあると、部品の部分によって距離が変わらずに、解像度に影響されることなく観察することができる。また、光のムラがなくカメラに映し出すことができるため、本研究ではCの観察方法を採用した。

(3) 検証実験

考案した撮像方法の有効性を評価するために実験を行った。考案した撮像方法はスクリーン上の影を観察する際、樹脂部品とスクリーンの間隔に影響されず、また、背景への映り込みの影響を受けずに撮像することができる。

撮像系の構成を図3に、実験風景を図4に示す。光源から投射された平行光を部品に当てて、できた影をスクリーン上に映し出し撮影を行う。その画像をフィルタ処理し、異常部を検出する方法である。

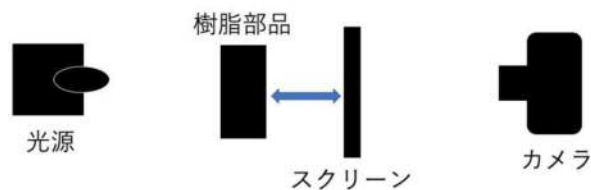


図3. 撮像系の構成



図4. 実験風景

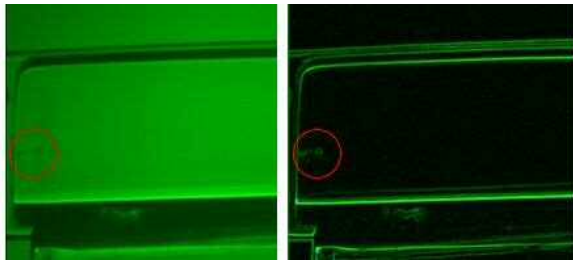


図5. 撮像画像と処理結果画像

表1. 検出結果

	目視	スクリーン越し	カメラ越し	検出
異物	1/10	1/10	1/10	1/10
フラッシュ	9/10	6/10	6/10	6/10
キズ	10/12	7/12	7/12	7/12
打痕	4/6	4/6	4/6	4/6
トータル	24/38	18/38	18/38	18/38

(4) 検証実験結果

図5に、考案した撮像系により撮像した透明樹脂部品の画像と、撮像した画像から異常部分を抽出するためにエッジを強調するソーベルフィルタ処理を施した結果の画像を示す。赤丸の部分に異常部分が存在している。

表1に異常の種類ごとの検出結果を示す。目視、スクリーン越し、カメラ越しは、いずれも実験者が目視で見つけ出すことができた数を、検出はソーベルフィルタ処理により検出できたものの数を示している。サンプルは検査現場の検査員によって異常が検出されたものであり、異常の種類と部位を提示して提供されていたが、いくつかの異物については実験者が凝視しても認識できず、異物については10部品中9部品の異常を認識できないレベルであった。

検出結果として、提供された38部品中18個の異常を検出した。実験者が目視により認識できた部品を対象とすると、24部品中18部品となる。

目視により認識された異常のうち、6部品が検出できなかったこととなる。検出できなかった理由を調べたところ、部品の輪郭部分に異常があり、異常部が輪郭線と重なり画像に映らずに検出できなかったためと判明した(図6)。また、異物をほとんど検出することができなかった。後日、熟練の検査員にヒアリングを行ったところ、異常は背景を黒色にすると見つけやすいとのコメントを受けた。今後、これをヒントに検査方法を改良する予定である。また、画

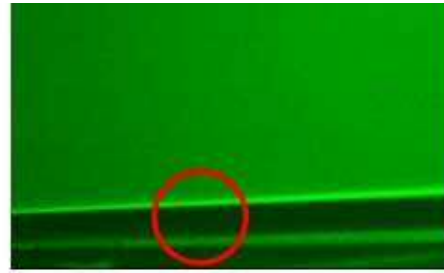


図6. 部品の輪郭部に存在する異常

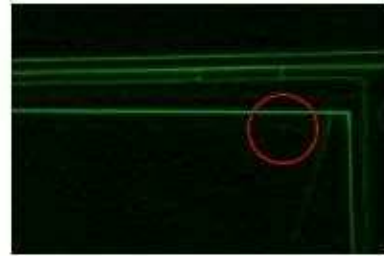


図7. 拡大撮像により検出された異常

像の解像度を上げることも検出に有効に働くことも確認された(図7)。

4. 研究成果

今回、透明樹脂部品を検査する撮像系の設計を行い、実部品による評価検証実験を行った。

透明樹脂部品に平行光を投射して、スクリーンに映した影を観察する撮像系を考案した。目視で見つけることができる異常は、輪郭の影の中に異常があるもの以外全て検出できた。

今後は、異物以上に対して検査員の検査方法を参考に検査光学系を改良することと、輪郭の影部分に異常があるものを検出するために、異なる角度での撮像のためにカメラを追加した手法を提案したいと考えている。また、検査部品の大きさや形状の違いに対応するために、最適なカメラの画角と分解能を選定していきたいと考えている。

5. 本研究に関する発表

(1) 鈴木海斗、“透明樹脂部品の外観自動検査方法の検討”、愛知工業大学 情報科学部 情報科学科 卒業論部、2020年

スマートワークを実現するためのデータ分析と可視化に関する研究

[研究代表者] 菱田隆彰 (情報科学部情報科学科)
[共同研究者] 池田輝政 (工学部電気学科)
[共同研究者] 遠藤正隆, 中嶋裕一, 松井瑠偉人 (リオ)

研究成果の概要

少子化, 高齢化に伴い労働人口が減っていく中で, 日本では徐々に働き方の変革が望まれており, 労働環境の改善や生産性を向上させるための効果的な手法が必要になっている. さらに, 2020年の初頭に始まったコロナウィルスの感染爆発は長期的な対応が必要となり, 働き方を根本的に転換することを余儀なくされ, 多くの企業で副業・兼業の許容やテレワーク・在宅勤務の導入が行われ1年が過ぎた. 様々な働き方が試みられた結果として, 多くの問題が浮き彫りになった.

これらの課題の解決を可能とする手段として ICT の活用は非常に有効である. テレワークが中心となったに業務においてソーシャルサービスを活用することで, 遠隔でのコミュニケーションを円滑にするだけでなく, 詳細な連絡履歴をデータとして分析することが可能になる. またセンサデバイス, IoT (internet of things) デバイスなどを連携することによって, これまでは感覚に頼ることの多かった労働環境の変化をデータとして扱うことが可能となる. これら人の行動情報や周辺の環境情報を利用することで, 職場で環境改善を支援するサービスの提案が可能となる.

本研究は, 利用者の行動や周辺環境に応じた情報提示を行うサービスに有効な基盤を構築するため, ライフログや環境データを収集し労働環境の改善を可能とする情報の蓄積・解析・可視化手法の確立を目的とする.

今年度はテレワークを中心とする職場環境を対象とし, 業務内で発生する担当者を特定しない一般的なタスクの管理手法を検討し, タスク分配手法の提案とタスクマネジメントシステムの基礎設計を行う.

研究分野: 情報工学, ネットワークサービス, タスク管理

キーワード: 非属人性タスク, タスクマネジメントシステム

1. 研究開始当初の背景

COVID-19 感染予防対策としてフィジカルディスタンスの確保が推奨される中, 社会に本格的なテレワークによる就業スタイルが半ば強制的に導入されることとなった. しかし, オフィスに多人数が集合することを前提とした既存の就業スタイルと, テレワークによる就業スタイルとが並走する形になったことで, 様々な齟齬が生じている. その結果, 既存の仕事のあり方や働き方が持つ課題が浮き彫りになってきた. その中の一つとして, 本業務をこなしていく中で副次的に発生する処理内容が特定の個人に依存しないタスクのマネジメントに関わる問題が挙げられる.

本研究ではそのようなタスクを「非属人性 (Non-Personal) タスク (以下, N-P タスク)」と呼び, 業務遂行中に発生する資料をコピーする, 来客にお茶を出す, など一般的に雑務と呼ばれるようなタスクと, データの正誤をチェックする, ソースコードのデバッグを手伝う, など業種や部署に応じて多少の専門性が求められるが, 特定の個人に依らないタスクとの総称として定義する.

2. 研究の目的

N-P タスクは, 本業務そのものではなく副次的に発生するということと, そのタスクを処理する能力や権限を

有する者であれば誰が処理しても良いという特徴を持つためマネジメントには本業務とは異なるいくつかの問題が存在する。

一つ目はタスクの分配が偏りやすいという問題である。N-P タスクはその処理が可能な人であれば誰が処理してもいいはずだが、「手が空いているように見える人」、「頼みやすい関係にある人」に対して優先的に分配される傾向がある。

二つ目はタスクの存在が可視化されづらいという問題である。N-P タスクの依頼は口頭やEメール等によって個人間のコミュニケーション内で管理されることが多い。この方法ではタスクの存在がその個人間だけでしか共有されず、他者からは存在自体が認識されづらい。

今年度の研究では、この N-P タスクに関するマネジメント手法について検討し、N-P タスクの効率的な割り振りの補助や、それらのタスクを可視化し評価に反映させることで社員が自発的に取り組みやすくなる仕組みを提案する。

3. 研究の方法

上記の問題はテレワークによる就業スタイルが導入されたことでより深刻化することになった。

N-P タスクは職場を見渡して依頼を受け入れてくれるような人を見つけ個人的に依頼するのが一般的であるが、テレワークにおいては個々の作業状況を感じることができず対象者を見つけることが困難になり、依頼も個人間のメールやチャット用いるため依頼状況を他者が見かけられるようなことはなく、作業が職務として認知されることも無くなっている。

本研究では、N-P タスクの可視化と分配の平準化に重点をおいたシステムを標榜し、その実証となるアプリケーションの開発を目指す。

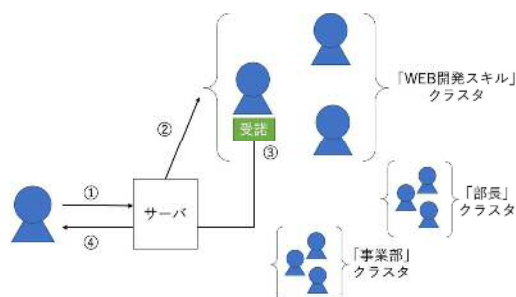


図1 N-P タスクの管理フロー

4. 研究成果

テレワークを含めた業務では何らかの形で N-P タスクを受け入れ可能であることを示し、その依頼のやりとりを組織全体で確認可能な方法が必要となる。本研究で提案する N-P タスクの管理フローを図1に示す。他者に処理を依頼したい N-P タスクが生じたユーザは、直接誰かに処理を依頼するのではなく、サーバに依頼書を登録する（図1-①）。特定のユーザに対してではなく、クラスタに対して依頼させることで、人間関係に由来するタスク分配の偏りを防ぐことが出来る。

依頼書が登録されると、指定されたクラスタに分類されているユーザ全員に通知が送信される（図1-②）。通知を受け取った各ユーザは、自身の現状を踏まえて処理を受諾するかを検討する。依頼がシステムを経由することで、N-P タスクの処理が履歴として残り評価に繋がれるため、手が空いているユーザにとって積極的に処理を受諾する動機が発生する。各人が自身の仕事量に合わせて依頼を取捨選択することで、タスクの分配が平準化される。クラスタ内で最も早く受諾したユーザが、そのタスクの処理担当となる（図1-③）。担当したタスクの処理が完了したら、その旨を依頼者に通知する（図1-④）。その結果を確認して依頼者が承認することで、依頼は完結する。

依頼登録時に誰も受諾しなかったタスクは待機リストに登録され、指定した有効期限に到達するまで定期的に再通知される。手の空いたタイミングで自発的に依頼を受託出来る仕組みを提供することで、処理されていないタスクが滞留するのを防ぐ。

多様な就業スタイルに対応していく中で重要となる N-P タスクのマネジメントをサポートするシステムについて基礎設計の提案を行なった。今後はその実証となるアプリケーションの製作を行い、共同研究者である株式会社リオの開発部において試験運用を行い、フィードバックを取得する予定である。

5. 本研究に関する発表

(1) 池田輝政, 遠藤正隆, 中嶋裕一, 松井瑠偉人, 菱田隆彰, 非属人性タスクを対象としたタスクマネジメントシステムの検討, 情報処理学会第83回全国大会講演論文集, vol.4, pp.307-308, 2021.

IoT とエッジコンピューティングによるヘルスケアおよび FA システムの研究

[研究代表者] 中條直也 (情報科学部情報科学科)
[共同研究者] 中藤達哉 (三菱電機エンジニアリング(株))
梶 克彦 (情報科学部情報科学科)
内藤克浩 (情報科学部情報科学科)
水野忠則 (情報科学部情報科学科)

研究成果の概要

IoT 技術とエッジコンピューティングの進展が、ものづくりやヘルスケアの世界にも大きく変革をもたらしている。本プロジェクトではその応用分野として FA システムとヘルスケアを取り上げた研究を行った。

FA システムの分野では、工場では人材不足、製造物の多様化が進み、検査の自動化のニーズが高まっている。しかし、検査工程の自動化は全て実現できているわけでは無い。特に多品種少量生産では手挿入部品を使用した基板も生産される。これに対しては自動検査が難しく目視検査が行われている。その自動化を研究テーマとして取り上げた。

ヘルスケア分野ではオフィスワーカーの健康支援を取り上げた。オフィスワーカーの運動不足はメタボリックシンドロームを招く懸念があり、運動不足の解消は重要な課題とされている。このため、ウェアラブルセンサを用いた活動量の推定方法や、屋内での行動履歴の計測方法を開発することは、オフィスワーカーの健康のために有効であると考え、研究テーマとして取り上げた。

本年度の研究として、(1) 深層学習による手挿入部品の極性識別、(2) 気圧センサのみを用いた活動量推定、(3) スマートフォンを用いた屋内の位置推定の 3 テーマを実施した。

研究成果の概要をテーマごとに述べる。(1) では、上部カメラ画像から電解コンデンサの極性識別を行った。深層学習を用いた極性識別に必要な最小限の画素数は、 46×44 pixel であった。(2) では、従来の加速度センサは使用せず、気圧センサのみを用いて活動量推定を行うアプリケーションを開発した。(3) では、送信機からの受信信号強度 (RSSI) をスマートフォンで計測する際に、端末の傾きパターンでのデータで機械学習を行うことで、傾きパターンを使用しない場合と比べ屋内測位を高精度化できることが分かった。

研究分野： 組込みシステム、無線ネットワーク、センシングシステム

キーワード： FA システム、深層学習、ヘルスケア、スマートフォン、活動量推定、屋内測位

1. 研究背景

FA システム分野では、工場では人材不足、製造物の多様化が進み、検査の自動化のニーズが高まっている。大量生産が必要な製品に対しては、専用の検査機器も開発され、自動検査が進んでいる。しかし、検査工程の自動化は全ての製品に対して実現できてはいない。特に多品種少量生産では手挿入部品を使用した基板も存在する。このような基板に対しては専用の検査機器を開発することが難しく、目視による検査が行われている。

一方で、深層学習の有効性が認識され、産業分野での画像処理への応用も進んでいる。深層学習では、適切で十分な学習データを使用して高い演算能力が必要であるとされてきた。しかし、最近のゲーム用の GPU (Graphic Processor Unit) の高性能化が著しく、デスクトップ PC などのエッジコンピューティングの環境でも深層学習が利用できるようになっている。本研究ではエッジコンピューティングを用いた深層学習を取り上げる。

また、ヘルスケア分野ではオフィスワーカーの健康支援を

支援することが求められている。オフィスワーカーの運動不足はいわゆるメタボリックシンドロームを招く懸念がある。社会的にも生産性の低下や医療費増大の原因となりうることから、運動不足の解消は重要な課題とされている。そのためには定期的な運動による健康増進が望ましいといわれている。

これまで、運動量の記録に関しては、加速度センサによってユーザの歩数を計測する万歩計や、スマートフォンアプリなどが開発されてきた。一方、加速度センサを使わず、気圧センサのみを使って歩行を検出できることが分かってきた。これは歩行者がセンサを入れたポケット内の気圧が歩行時に変化することで歩行を検出する。

さらに、オフィス内での行動履歴に基づいて行動解析を行うことで、コミュニケーションの活性度を計測できヘルスケアに関係する。スマホは BLE などの近距離無線通信の受信機を備えている。周囲の送信機からの電波強度も計測することで、屋内環境での測位が可能となる。

2. 研究の目的

FA システムの研究では、手挿入の電子部品に対して深層学習を用いた検査の自動化を検討する。手挿入された電解コンデンサの極性識別をテーマとした。

ヘルスケアの研究では、気圧センサのみを用いた活動量の推定と、それを使用した計測アプリケーションを開発する。また、スマートフォンで受信できる電波強度を利用して、室内での人の位置計測の検討を行う。

3. 研究の方法

実施した3つのテーマについて研究方法を述べる。

(1) 深層学習による手挿入部品の極性識別

図1に示す電解コンデンサの極性を深層学習によって識別する。手挿入部品では傾きや位置のばらつきが存在する。このような極性の識別を行う。電解コンデンサの極性は、上部から見た場合、この図に示すように負極側を示す色の違いによって識別できる。

学習データとして、5種類のコンデンサに対して上下左右方向で各100枚を作成し、データ拡張により合計1380枚を用意した。深層学習のアルゴリズムとしては YOLOv3¹⁾ を使い、学習後のネットワークでコンデンサの極性判別を行う。また、カメラとの距離や、極性の識別に必要な最

小画素数の評価を行う。

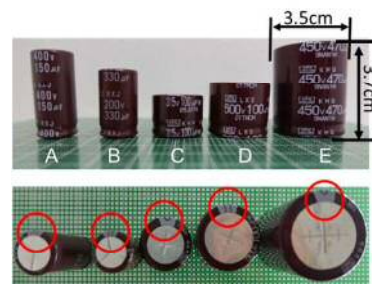


図1: 対象とした電解コンデンサ (赤丸側が負極)

(2) 気圧センサのみを用いた活動量推定

気圧センサ (スマートフォン) を図3に示すような腰の位置に固定する。愛工大での先行研究²⁾から図3に示すデータが計測できることが分かっている。このデータに対し、カットオフ周波数 1 Hz のローパスフィルタを通すことで垂直方向の移動のデータを計測する。また、その垂直方向の移動分を元データから減算することで、水平方向での移動のデータを計測する。

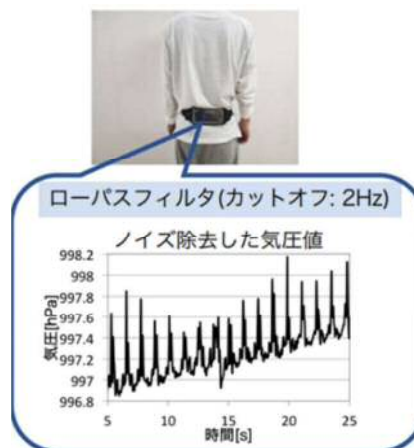


図2: 気圧センサの位置と計測データ例

(3) スマートフォンを用いた屋内の位置推定

スマートフォンの BLE の受信機能を利用して、周囲の送信機からの受信電波強度 (RSSI) を計測する。3台の送信機は固定配置する。図3に示す観測位置でスマートフォンの RSSI を計測し機械学習を行う。この学習結果を用いてスマートフォン位置の推定を行う。

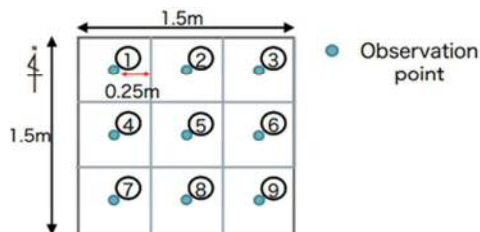


図3: 屋内での受信電波強度の計測位置

4. 研究成果

実施した3つのテーマについて研究成果を述べる。

(1) 深層学習による手挿入部品の高極性識別

電解コンデンサの負極を4方向で識別する実験を行った。識別結果の例を図4に示す。シアン、マゼンタ、グリーン、オレンジの色は、それぞれ負極が左、上、右、下であることを示しており、負極の方向を正しく識別している。なお、識別に必要なコンデンサの画素数には下限があり、その画素数は46×44 pixel以上であった。これ以上であれば、カメラから対象物までの距離を変化させても、正しく認識できることが分かった。

深層学習では従来の画像処理に基づく手法に比べて、撮影角度などの変化に対して識別の頑健性が高いといわれている。今後は、カメラの撮影角度を変化させた画像を用いて識別性能の評価を行う。

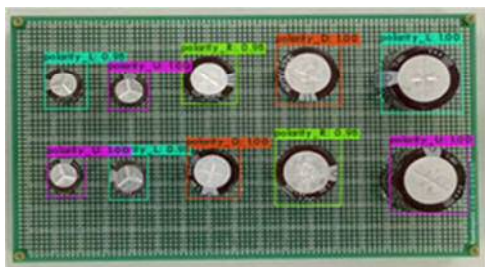


図4: 電解コンデンサの負極の4方向の識別例

(2) 気圧センサのみを用いた活動量推定

気圧センサのみを用いて運動を計測して、活動量の計測をおこなうアプリ「気圧系すてっぷ」を開発した。図5にアプリの構成を示す。

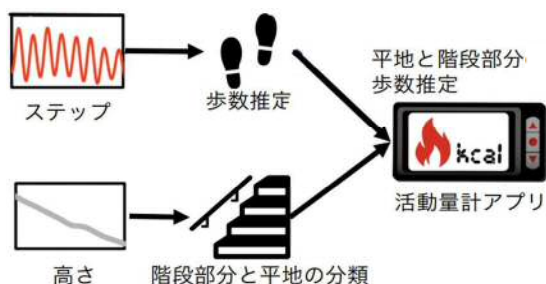


図5: 活動量計アプリの構成

このアプリでは、一日の目標活動量を設定し、グラフで目標までの割合を表示できる機能を実現した。図6にアプリ画面の一部を示しており、歩行時の運動計測とアプリの表示を示している。一定時間ごとに運動量が更新される。総活動量のほかに毎日の目標達成の状況も表示することができる。



図6: 開発した活動量計アプリ

(3) スマートフォンを用いた屋内の位置推定

屋内測位において、送信機からの受信信号強度(RSSI)を、スマートフォン端末の傾きパターンごとに計測した。このデータを用いて、SVM, k-NN, 決定木, 線形判別の4種類の機械学習を行って位置推定の精度評価を行った。なお5分割の交差検証を行っている。その結果を図7に精度を示す。傾きを使用することで精度が向上することが分かった。今回の評価結果としてk-NN法が最も良い精度を示した。

今後は、加速度センサ、ジャイロなど他センサなどを組み合わせて測位の精度を高める予定である。

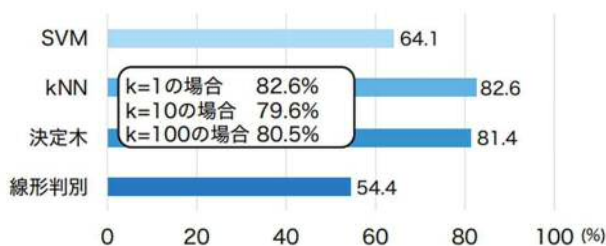


図7: 機械学習による位置推定の精度評価結果

5. 本研究に関する発表

宮澤彩花: 気圧系すてっぷ, 第8回学生スマートフォンアプリコンテスト(奨励賞), 情報処理学会CDS/MBL/UBI研究会, 2020.

参考文献

- 1) J. Redmon and A. Farhadi, "Yolov3: An Incremental Improvement", arXiv preprint arXiv:1804.02767, 2018.
- 2) 磯村奎介, 梶克彦: 気圧センサを用いたステップ認識, 情報処理学会 MBL/UBI 研究会, 2019.