神奈川工科大学

ヒューマンメディア研究センター

研究報告

第 17 号

2021 年度

工学教育研究推進機構

目次

・XR のための裸眼 3D ディスプレイ

情報メディア学科　谷中一寿

・混合音環境からの画像処理技術と連動した音源抽出・識別方法と評価法に関する研究

情報工学科　田中博

・深層学習による精神的健康度評価システムの開発

情報ネットワーク・コミュニケーション学科　上平員丈

・光を用いた情報の付与・獲得技術およびその応用に関する研究

情報ネットワーク・コミュニケーション学科　海野浩

・高効率駆動機構を備えた自転車の最適化研究

ロボットメカトロニクス学科　高尾秀伸

XR のための裸眼 3D ディスプレイ

研究者名：情報メディア学科　　谷中　一寿

１．研究の目的

我々が日常生活生している現実空間に加え，コンピュータ内に作られた仮想空間が拡大しつつある。仮想空間のみを体験するのが VR（仮想現実）であり，仮想空間と現実空間と重なっていれば AR（拡張現実）または MR（複合現実）であり，これら 3 者は XR と総称される。いずれの場合でもディスプレイは仮想空間と現実空間とのインターフェースとして重要である。ヘッドマウントディスプレイ（Head Mounted Display, 以下 HMD と略す）を用いる方式では，通常，両眼視差による立体表示が提供され，高い没入感が得られる利点があるが，その反面，重量感，圧迫感，実空間の視野の狭さなどの問題がある。HMD のかわりに裸眼 3D ディスプレイを用いれば，利用者は何も装着しなくて良い。裸眼 XR は通行人にも使って頂くことができ，非接触のため衛生面でも有利なので，手術室や調理室にも向いている。本研究ではそのような新しい裸眼 3D ディスプレイシステムを構築することを目的とする。

２．研究の必要性及び従来の研究

裸眼 3D ディスプレイの中でも 1908 年にリップマンが提案した IP（インテグラルフォトグラフィ, Integral Photography）は，水平方向だけでなく垂直方向にも視差がある点でホログラフィにも似た優れた特徴を有する方式である。従來は高精細液晶ディスププレイ（LCD）と，レンズピッチが LCD の画素ピッチの整数倍であるようなフライアイレンズが必要であった。この条件が偶然に満たされる可能性はほぼゼロなので，LCD の仕様に合わせてフライアイレンズを特注する必要があった。これは少量生産の場合，非常に高価なものになってしまう問題があった。筆者が提案した拡張フラクショナルビュー（EFV）方式を用いれば，図 1 に示すようにフライアイレンズのピッチと LCD の画素ピッチの比率が整数に限定されないので，安価な既製のフライアイレンズで IP を実現することができる。しかしながらこの方式をミクストリアリティに適用するには，

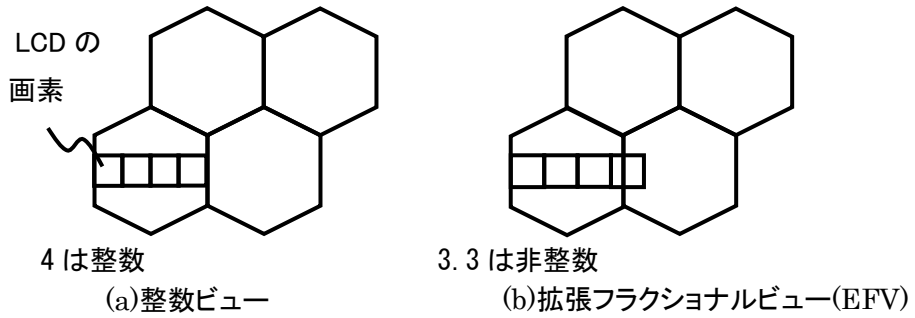


図 1　整数ビューと拡張フラクショナルビューの違い

立体表示の飛出し量の増大や大画面化をはじめ，ゲームエンジンを用いた立体視コンテンツ制作法の確立，ビデオーシースルーに向けた実写 IP 画像の入力など，解決すべき課題が残されているので，さらなる研究が必要である。

３．期待される効果

本研究によって，従来 EFV 方式で実現されてきたものよりも飛出し量を多く確保でき，仮想空間と現実空間が重なる領域が広くなるので，インタラクションが容易になる。また，ユーザの操作に応じて実時間で立体表示された物体を動かすことができるようになる。それにより，バーチャルリアリティやミックストリアリティなど，人とコンピュータがより自然にインタラクションを行うことが要求される用途に適用できるようになる。

４．研究の経過及び結果

令和 3（2021）年度には，レンチキュラーレンズを使った空中ディスプレイ[1]について研究を行った。

４．１　はじめに

2 次元映像や 3 次元物体を空中に浮かせる空中ディスプレイは，何もない空中に物体があるかのように見えるので，人々の注目を集める。現在までに，様々な方式が提案されている．

前川ら[2][3]は，金属板に小さな四角い穴を多数開け，各穴の 4 つの内壁のうち隣接する 2 つを二面コーナーリフレクタとして使用する方式を提案した。この特殊な光学部品は透過型ミラーデバイス（TMD）またはパリティミラーと呼ばれる。ASKA3D[4]も二面コーナーリフレクタを使用しているが，その構造や材料は異なっている。

山本ら[5]は，二面コーナーリフレクタは用いず，再帰反射板とハーフミラーを併用する空中ディスプレイを提案した。

これらの方法では，レンズではなくミラーを使うので，歪みのない空撮映像が得られる利点がある反面，光が途中で曲がるので。その分装置が大型になる。

一方，鏡ではなくレンズを用いた空中ディスプレイも，提案されている。例えば，パイオニアが商品化したフローティングビジョン[6]は，ハエの目のレンズそのものではないが，それに似た特殊な光学系を使用している。吉良ら[7]は，両面レンチキュラーレンズやハエの目レンズシートを用いて空中ディスプレイを提案した。片面レンチキュラーレンズは 3D プリンティングの需要が高いため安価である。片面レンチキュラーレンズを 2 枚，平面が接するように重ねると，両面レンチキュラーレンズとして使用することができる。屈折方式は，反射方式と異なり，液晶ディスプレイ上にレンチキュラーレンズを配置すればよく，光線の経路は基本的に直線的なので，光を曲げるための大きな空間を必要としない利点がある。本研究はレンチキュラーレンズを使った方式を発展させたものである。

。

４．２　２枚のレンチキュラーレンズを使った空中ディスプレイの原理

図２において，物体上のある点から発せられた光線は，十分離れたレンズ位置でほぼ平行な光線とみなすことができる。

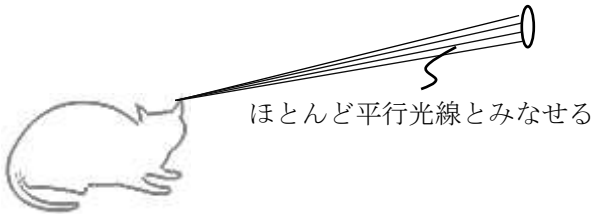


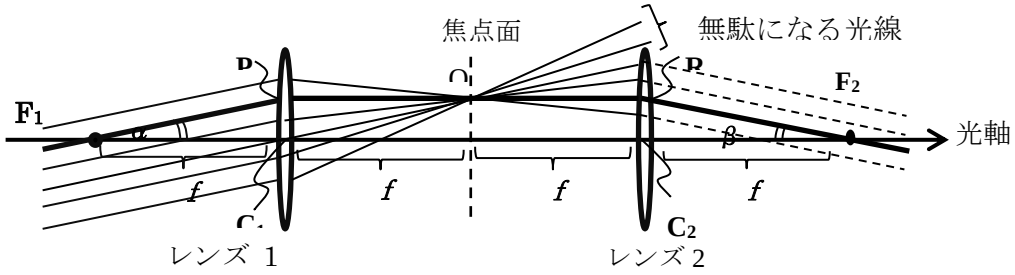
図２　光源から離れると光線はほとんど平行になる

図３に 2 枚のレンチキュラーレンズを含むシステムの原理を示す。図３（a）において，2 枚の薄い凸レンズを同一光軸上に配置し，その間の距離をレンズの焦点距離 f の 2 倍とする。物体上のある点から発せられた光は平行光線となり，角度 α でレンズ 1 に入射する。この平行光線のうち，レンズ 1 の前面側の焦点 F_1 を通過する特定の光線に着目する。この光線は，レンズ 1 に点 P で入射し，光軸と平行になって点 Q を通り，点 R でレンズ 2 に入射する。レンズ 2 の場合は，光軸と平行に入射するので，レンズ 2 を出た後，焦点 F_2 を通過する。破線で描いた他の出射光線は，すべて焦点面上の点 Q を通るので，この光線と平行になる。三角形 F_1PC_1 と F_2RC_2 は合同なので，α＝β となり，図３（b）において，この光学系は鏡のように光線を反射する。
図 34（c）は，鏡の機能を持つ光学素子を多数並べたもので，物体上の任意の一点から発した光は，反対側の鏡像の位置に集まり，空中ディスプレイとなる。鏡は普通の平面鏡でもよいし，両面レンチキュラーレンズでもよい。
一般に，市販されているレンチキュラーレンズは薄くはない。通常，焦点距離と同じ厚みを持っている。その場合のレンズの構成を図 3 (d)に示す。

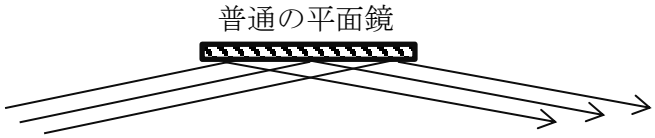
2 枚のレンチキュラーレンズを使う方法では，レンチキュラーレンズの後ろに置かれた時計が飛び出して見える（図 4)。

４．３　３枚のレンチキュラーレンズを使用した空中表示

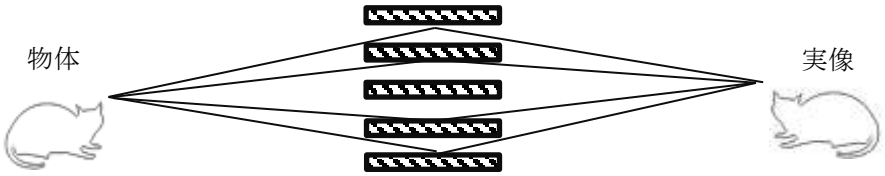
レンチキュラーレンズを 2 枚使用する方法では，図３（a）のように無駄な光が発生し。そのため視野角が狭くなってしまう。この問題は，図３（a）の焦点面の位置に，図 5 (a)に示すように，レンズ M を挿入することで改善できる。レンズ M は光線を光軸に近い方向に屈折させるので，無駄な光線が少なくなり，視野が広くなる。入射光線は互いに平行であるため，すべて点 Q を通過する。点 Q を通過してレンズ 2 に入射した光線は，レンズ 2 を経て平行光線となる。この直線は必ず F_2 を通るはずである。直線 PQ と QR は光軸に平行なので, 直線 PC_1 と RC_2 の長さは等しくなので F_1PC_1 と F_2RC_2 は合同であり, α＝β となる。従ってこの光学系も鏡のように光線を反射する。これ以降は，前述と同じである。市販のレンチキュラーレンズは通常，焦点距離と同じ厚みがあるので。図 5 (b）のようになる。



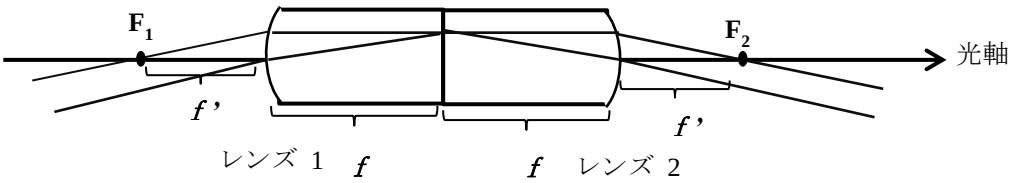
(a) ２枚の薄いレンズの配置と光線の経路（上面図）



(b) 鏡の光学特性はほとんど (a)と同じ（上面図）



(c)レンズアレーまたはミラーアレイにより点光源の実像が生成される原理 (上面図)



(d) ２枚の厚いレンチキュラーレンズの配置と光線の軌跡　(上面図)

図３　２枚のレンチキュラーレンズを用いた空中ディスプレイの原理

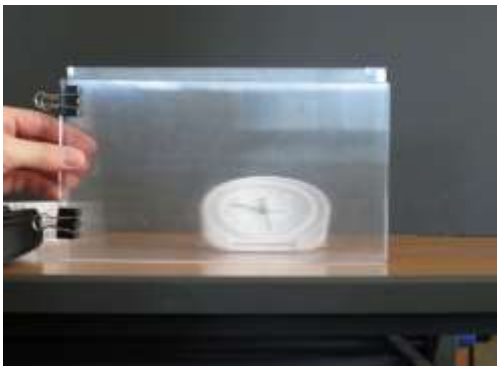
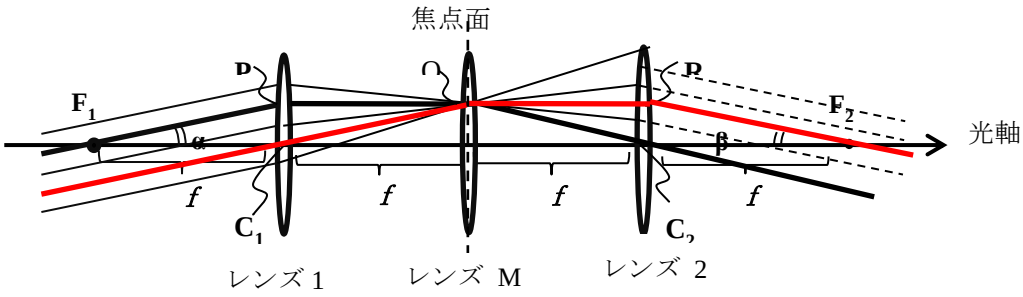
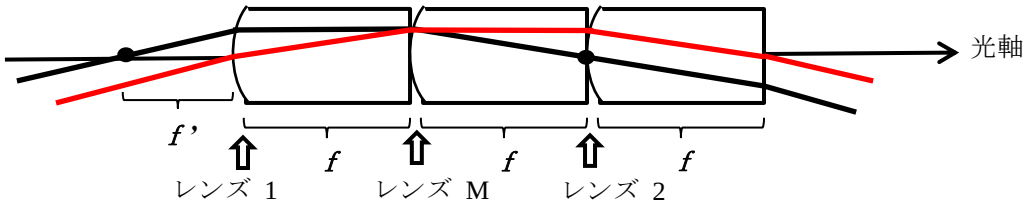


図４　２枚のレンチキュラーレンズを用いた空中ディスプレイの実験結果



(a) ３枚の薄いレンズの配置と光線の経路 (上面図)



(b) ３枚の厚いレンチキュラーレンズの配置と光線の軌跡 (上面図)

図５ ３枚のレンチキュラーレンズを用いた空中ディスプレイの原理

図６ ３枚のレンチキュラーレンズを用いた空中ディスプレイの実験結果。

参考文献

[1] Kazuhisa Yanaka, Kouki Shibata, Toshiaki Yamanouchi, Aerial Display Using Lenticular Lenses, Proceedings of the 7th World Congress on Electrical Engineering and Computer Systems and Sciences (EECSS'21), MHCI 301, pp.1-6. (2021)
[2] Satoshi Maekawa, AerialKouichi Nitta, Osamu Matoba, Transmissive optical imaging device with micromirror array, in proceedings of Optics East 2006.
[3] Parity Innovations, [Online]. Available: https://www.piq.co.jp/index_e.html.
[4] ASKA3D [Online]. Available: https://aska3d.com/en/technology.html
[5] Hirotsugu Yamamoto, Yuka Tomiyama, and Shiro Suyama, Floating aerial LED signage based on aerial imaging by retro-reflection (AIRR), Optics Express, vol. 22, issue 22, pp. 26919-26924 (2014) Also available : https://www.osapublishing.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-22-22-26919&id=303352
[6] Masaru Ishikawa, A proposal to create the impression of a miniature garden, and the development of a glasses-free small 3-D display, Pioneer R&D vol.12, no.3, pp. 47-58, 2003. (in Japanese)
[7] Naoki Kira and Kazuhisa Yanaka: Spatial Image Display using Double-sided Lenticular or Fly's Eye Lens Sheets, in Proceedings of VISAPP2013, pp.425-428, 2013.

混合音環境からの画像処理技術と連動した音源抽出・識別方法と評価法に関する研究

情報工学科　　田中　博

１．研究の目的

多様な音源が混在している中から各音を識別・検知することは生活モニタ、高齢者見守りや特に聴覚障碍がある方々への危険検知など多くの応用分野がある。実際に生活空間の中で複数の音が混在しているが、これまで特定の音の識別・検知のために雑音除去・音声強調の観点から主に研究されてきた。例えば、複数の人の声の分離による音声認識、環境音からの希少動物の鳴き声の検出などである。しかし、この手法では検出対象が限定されている。また、生活環境には多様な音が存在し、雑音としていた音が検出対象になる場合なども考えられる。

多様な音が存在する中で、(1)内在しているそれぞれの音を個別に抽出・識別すること(2)内在する複数の音を一括して検出することを研究の目的としている。これを時系列データに対する処理ではなく、画像処理によって行う手法を確立する。一次元の時系列信号である音の情報を時間と周波数による二次元の画像情報に変換して、その画像データに対して現在進展が著しい画像処理技術、深層学習技術を適用し、その効果を検証して新たな音声処理技術として確立する。

２．研究の必要性及び従来の研究

生活モニタ、見守りなどは、他のセンサなどでも適用可能ではある。しかし、カメラを使用する場合は、カメラという監視性の高い機器の利用による心理的な抵抗感とプライバシーの確保が問題となる。加速度センサを用いた場合は、身体への装着が必要であり利用への抵抗が大きいと考えられる。この意味で、音の利用価値は高い。

複数の音の検出と識別に関しては、複数のマイクセンサを使用した MUSIC 法などの信号分離技術を適用する方法が考えられるが、この方法では音源の数が増えた場合に所定の性能を確保するためにはマイクセンサの数の増加が必須であること、また各マイク間の設置位置は精密な設定が必要であることから、通常の生活空間での利用は難しいと考えられる。個々のフィルタを適用して特定の音を抽出する方法も従来からあるが、パラメータ調整が難しい。本研究では日常の生活空間での利用を前提として、マイクセンサは一つ、という制約条件を設定する。また、深層学習による手法を適用し、パラメータチューニングなどの微妙な調整を必要としない雑音除去技術、音環境の推定技術という観点からアプローチする。

３．期待される効果

深層学習の技術は特に画像処理分野から大きな発展があり、現在も多くの成果が得られている。それらを積極的に用いることによって（音の情報を画像情報に変換して)、音の信

号処理にも大きな効果が得られるものと考えられる。

特にマイクを一つという条件であることから、容易に適用可能である。また、深層学習の技術を適用することで、特徴抽出やパラメータチューニングなどの専門知識が必要な処理が不要な手法として実現できる。これらのことから、今回研究開発する手法は一般家庭や電車内など、日常の生活空間の中で容易に適用可能であり、技術確立できたときの広い応用と普及が期待できる。

４．研究の経過及び結果・評価

2021 年度は、音源識別精度を確保するための雑音除去と複数の音源が混在する音環境の推定の観点から、以下の検討を行った。

(1)画像処理技術を適用した雑音除去手法

2020 年度に続いて同学科　宮崎研究室の協力を得て、ネットワークモデルの一つである UNet モデルを用いた雑音除去法を検討した。これは音源データを短時間フーリエ変換(STFT)によって画像に変換し、UNet モデルを適用して雑音成分を除去する方法である。2021 年度は適用の一例として、電車内での車内案内の音声認識の向上を目的として、車内騒音を録音するとともに、購入した音声データベースから雑音音声を作成し、除去を試みた。雑音混入前、除去前後の画像を比較し、提案手法の有効性を確認した。さらに、学習モデルの調整によって除去性能を向上するともに逆 STFT 変換によって画像データから音声データに変換し、音声を再現して雑音除去の効果を確認した（雑音混入前、雑音混入後、雑音除去後のスプクトログラム画像を図 1 に示す)。

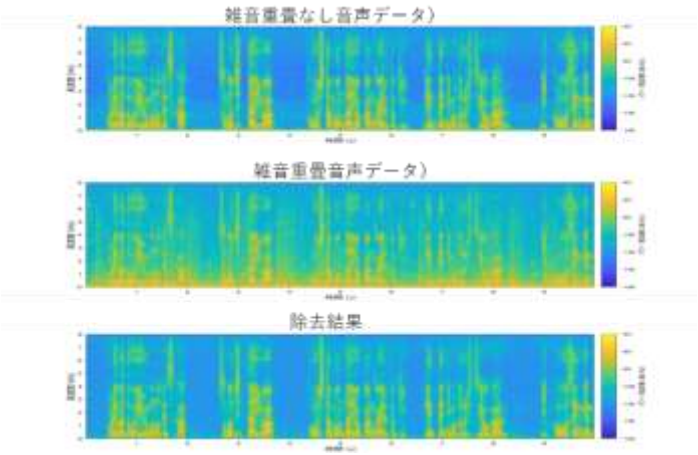


図 1　雑音除去効果の評価

(2)転移学習技術を用いた音環境の推定

実際の生活環境では、多様な音源が存在してそれらが混じり合っているのが実態である。基本的に従来は、前述したように複数のフィルタを用いて各音を抽出する方法、複数のマイクセンサを用いて音源を分離する方法を適用し、含まれている音を識別する方法が採られ

ている。我々は混合音環境の音データから STFT によって画像に変換し、音環境を画像、すなわち模様として捉えて、その模様を識別することで音環境を推定する方法を提案した。ここで、識別のためのモデルは転移学習によって新たな学習モデルを再作成することで行う。

生活音 4 種、混合音 6 種の合計 10 種類の音環境の識別実験を行い、80%程度の識別率を得、提案手法の妥当性を確認した。各音のスペクトログラム画像と識別結果を示す混同行列の一例を図２に示す。

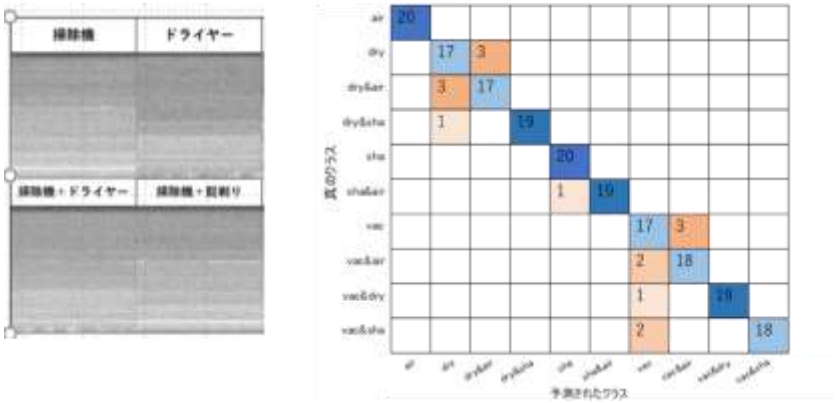


図２　音の画像と識別結果の一例

なお、ヒューマンメディア研究センタのテーマとして、手話動作の識別に関する研究を上記研究と並行して行っている。

(3) 手話動作識別

2021 年度は以下の検討を行い、その効果を確認し要素技術として獲得した。

・手話動作に対してカメラ画像から OpenPose を用いて取得した座標データから特徴量を求め（２つの算出方法を適用）、LSTM によって識別を行った。25 個の単語動作に対して、72.7%の識別精度を得た。

・LSTM に代えて SVM を用いて上記データに対して識別実験を行った。84.4%と 10%以上の向上を確認した。学習データの数が大きく影響している可能性がある。さらに指の位置座標を加えることで 10%近い精度向上が得られ、手法の有効性を確認した。

・OpenPose では、2 次元の動きの検出に制約される。加速度センサを用いることでマルチモードデータという観点から精度向上が期待できる。新たに 20 単語の動作に対して加速度センサによる動作データを取得し、識別精度実験を行った。89%の精度から加速度センサを用いたマルチモード解析の有効性の見通しを得た。

５．今後の計画

2022 年度は以下の項目に注力して検討を進める。

(1) 画像処理技術を適用した雑音除去手法

前年度は電車内の音を雑音とし、人の声を用いて手法の妥当性を確認した。今年度は、音

量の小さい生活音、エアコンの動作音、水道水の流しっぱなしなど、検出条件が厳しいと思われる音を対象とする。生活のモニタや生活支援につなげることを目的とする。

リソースに応じて、昨年の成果である音声からの電車雑音除去→音声認識→スマホ画面に認識結果を表示、というシステムを実現する。これは聴覚障碍者向けのアプリを想定している。

(2)転移学習技術を用いた音環境の推定

2021 年度検証した手法をより現実的な条件に設定して有効性を検証する。具体的には 2 音源混合→3 音源混合へ、音源の発生音量の大小と距離減衰を考慮して、各音に対してより大きなレベル差を設定してデータを作成し、識別実験を行い、技術評価とともに生活モニタのための一手法としての可能性を検証する。転移学習に使用する既存の学習済モデルの変更やパラメータ調整によって、モデルの最適化を進める。

(3)手話動作の検出と識別

(3-1) マルチモードデータによる動作識別

2021 年度はカメラ画像、加速度データを個別に用いて識別を行った。両方を用いた識別精度の向上方法を検討する。具体的には、識別器の出力である尤度情報に基づいた両者の結果の最適組み合わせ手法を明らかにし検証する。

リソースに応じて、学習用の動画の反転教材という形で学習した手話動作をカメラ前で行い、その動きを採点する復習ツールの試作を行う。

(3-2)単語動作の識別から短文動作の解釈へ

2021 年度進捗できなかった項目である。時系列データの類似度を算出する DTW と呼ばれる手法を適用し、その値が最大となる点で、各単語動作を分割する方法と深層学習を使用した sequence-to-sequence 分類によるアプローチで比較検討する。並行して、短文動作の手話動作データの取得を進める。

６．研究成果の発表

上記遂行によって、2021 年度に発表した論文を以下に示す。

(1) 佐野将太，市川誉揮，川喜田佑介，宮崎 剛，田中 博,“室内音環境認識のためのスペクトログラム画像を用いた転移学習の適用に関する基本検討,”2021 年信学会ソ大，B-15-25, p.306, 2021.

(2) 市川誉揮，佐野将太，林 堅，川喜田佑介，宮崎 剛，田中 博，“スペクトログラム画像を対象とする U-Net を用いた電車走行音除去に関する検討,” 信学会 SeMI2021-11, pp.61-65, 2021.

(3) 佐野将太，川喜田佑介，宮崎 剛，田中 博,“スペクトログラムを用いた転移学習の適用による室内音環境の推定,” 信学会 SeMI2022-1, pp.22-25, 2022.

(4) 林 堅，市川誉揮，佐野将太，川喜田佑介，宮崎 剛，田中 博,“スペクトログラム画

像とU-Netを用いた電車走行音の除去実験,” 信学会 情報システムソサイエティ特別企画ジュニア&学生ポスターセッション,p.140,2022.

手話動作識別とその応用に関する研究成果を付記する。

(1) 若尾 吏, 西村広光, 田中 博, ” 光学式カメラを用いた色領域の抽出に基づく手話認識手法,”画像ラボ, Vol.32, No.6, pp.39-46, 2021.

(2) T. Wakao, Y. Kawakita, H. Nishimura, and H. Tanaka,” Investigation of sign language motion classification by feature extraction using keypoints position of OpenPose,” Human-Computer Interaction International 2021(HCII2021), LNCS 12765, pp.386-399, 2021.

(3) 小田切航, 佐藤辰也, 若尾 吏, 川喜田佑介, 西村広光, 三次 仁, 田中 博, “ウェアラブル加速度センサを用いた手話動作の識別結果,” 2021年信学会ソ大, B-15-51, p.332, 2021.

(4) 若尾 吏, 小田切航, 佐藤辰也, 川喜田佑介, 西村広光, 田中 博,” OpenPoseを用いた手話動作識別における指情報追加による識別制度の向上に関する検討,” HCG シンポジウム2021, HCG2021B-1-6, 6 pages, 2021.

(5) T. Wakao, T. Sato, W. Odagiri, Y. Kawakita, H. Nishimura, H. Tanaka and J. Mitsugi,” Application of synchronized backscatter sensors to sign language motion,” NCSP'22, RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing 2022, 2PM3-1-4, pp.385-388, 2022 (Student Paper Award).

(6)佐藤辰也, 小田切航, 若尾 吏, 川喜田佑介, 西村広光, 田中 博, 三次 仁,”同期バックスキャッタセンサの手話動作識別への適用,” 2022年信学会総大,B-15-54,p.492, 2022.

深層学習による精神的健康度評価システムの開発

研究者名：情報ネットワーク・コミュニケーション学科　上平員丈

１．研究の目的

近年、我が国は高齢人口の急速な増加の中で、医療、福祉など増加する高齢人口の問題に対応することが喫緊の課題となっている。本学では、「全国のモデルとなる先進高齢者支援システムの開発と地域社会への展開」をテーマに文部科学省の補助金事業としての研究ブランディング事業を推進している。本事業では、サブテーマの一つとして安心と健康を提供できる高度見守りサービスの構築を掲げている。特に、高齢者を支援する側の人手不足が進む最近の状況において、IT などによる人手を要しない高齢者支援が望まれている。

上記背景を踏まえ、本研究では一人暮らしの高齢者が特に精神面において健康的に暮らせるようにするため、日常生活の中で本人に意識させることなく種々の身体情報をセンシングし、これらの情報から深層学習を用いて精神的健康状態を正確に推定する方法を実現することを目指す。また、仮想の人物とのコミュニケーションを通じて精神的健康状態を良好に保ち、さらにこのコミュニケーションを利用して特定の精神疾患についてその予兆を察知できるシステムの実現を目的とする。

２．研究の必要性及び従来の研究

上述のように一人暮らしの高齢者が特に精神面において健康的に暮らせるようにするため、日常生活の中で本人に意識させることなく種々の身体情報をセンシングできることが望ましい。従来から、顔画像から深層学習により「笑顔」「怒り」「悲しみ」などの表情を認識し精神的状態を推定する方法があるが、これら従来の方法は顔画像を撮像した瞬間の状態にすぎない。しかし、精神状態を正確に把握するためには、瞬間的な情報では正確な精神状態を判定することは無理であり、正確な精神状態を把握するためには複数の種類の情報の一定期間のデータから精神的健康状態や疾患の予兆を推定する必要がある。

３．期待される効果

顔画像や音声データから深層学習により情緒を推定できることは、すでに多くの研究者から報告があり、申請者らも本研究の準備段階においてすでにこれらの技術を確立している。本研究では、この結果を時系列データとして扱うことにより、確度の高い情報が得られることが期待できる。

さらに、本研究で身体の動作データを用いることでさらに確度の高い精神的健康状態を得られることが期待できる。すなわち、感情は日常生活における身体の動作速度などに影響を及ぼすと考えられるためであり、これら複数の時系列情報から総合的に判定するため、より確度の高い精神状態についての情報を得られると期待できる。

４．研究の経過及び結果

4.1.一定期間の複数種の情報による精神的健康状態推定法の具体化とその有効性の明確化

本研究では直近１週間程度の時系列データを用いて精神状態を推定する。さらに、確度を高めるために複数の種類の情報を用いる。本年度は図１に示す構成のシステムを構築した。情緒の推定には深層学習を用い、入力データとして会話、顔画像、音声および身体の動きの各データを使用する。まず１次処理として各データの各時点での感情を CNN（Convolutional Neural Network）により認識する。そして、一定期間におけるこの CNN の出力を時系列データとして LSTN（Long Short-Term Memory）に入力して、現時点および近未来における精神状態を推定する。すなわち、CNN と LSTM を複合した形態で推定を行う。これら４種類のデータから得られた結果を統合して最終的な推定結果を出力する。

今年度は、図１における網掛け部分（顔画像、音声、動作をから情緒を認識）のシステムを試作した。また、会話から感情、情緒を評価するためのチャットボットを試作した。

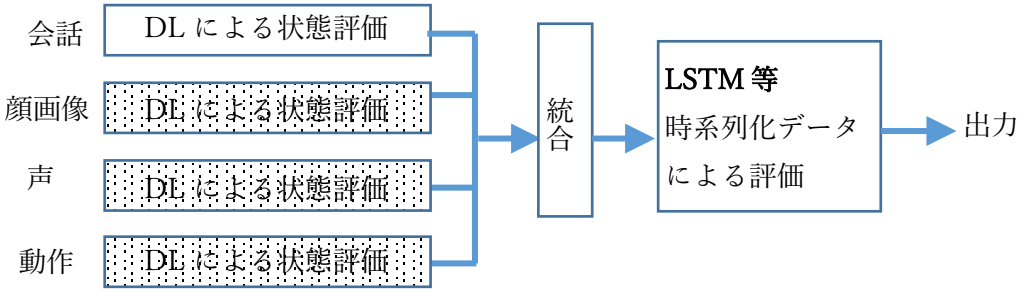


図１　精神的健康状態推定システムの構成

4.2.　顔画像から表情を認識するシステム

ここでは、図２に示す学習済みのディープラーニングを使用した。認識結果の例を図３に示す。このモデルにより瞬時の顔の表情を認識できることを確認した。

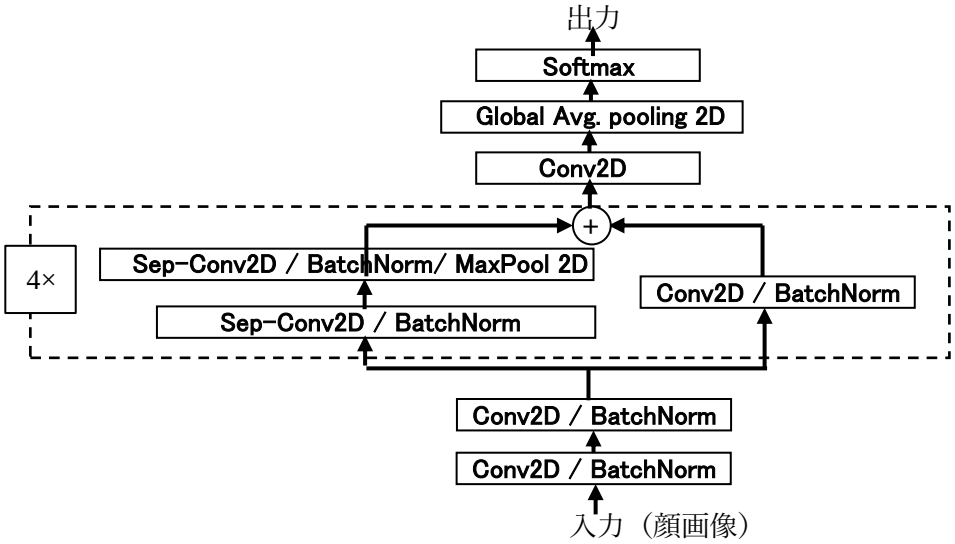


図２　顔画像から表情を認識するディープラーニングモデル

4.3.　音声から感情を認識するシステム

ディープラーニングにより音声から感情を認識するモデルを構築した。ここでは、音声をフーリエ変換により 2 次元情報に変換し、この情報を画像情報の場合と同様に 2 次元のＣＮＮにより、「怒り」、「喜び」、「悲しみ」、「興奮」、「普通」の 5 つのカテゴリーに分類する。来年度、このモデルの学習を行う予定である。

図 3　表情の認識例

4.4.　動作から感情を認識するシステム

このシステムはでは、身体動作の速さが精神的健康状態を反映すると仮定し、カメラで入力した動画から身体の動きの速さを測定し、精神的健康状態を評価する。今年度は、撮像画像から動作速度を測定するシステムを構築した。測定結果の一例を図 4 に示す。

4.5.　スマートミラーのコンセプトモデルの試作

インテリジェントな鏡「スマートミラー」を提案し、そのコンセプトモデルのプロトタイプを試作した（図 5)。これは、日常生活で必ず使用する洗面所などの鏡としての機能を基本とし、鏡をディスプレイに置き換え、さらにカメラ、マイクロホン、スピーカ、ネットワークへの接続機能などを備え、上記の精神的健康状態評価のためのデータを取得し、ネットワークを介して統合評価システムにデータを伝送する。

このスマートミラーでは仮想人物とのチャットボットや実在人物と映像によるコミュニケーションを可能にする。チャットボットはタイのバンコク大学との共同で開発を進め、IBM Watson Assistant をアドオンツールとして用いた。このチャットボットの目的は、対話相手をリラックスさせること、また会話の中から認知症などの兆候を本人に意識させることなく検出することである。今年度は、前者についてプロトタイプを試作した。試作したチャットボットの出力例を図 6 に示す。

図 4　身体動作速度の測定例

図 5　スマートミラーのプロトタイプ

５．今後の計画

今年度は､図1における網掛け部分を実施した。来年度は、残りの「会話による評価」と「時系列データによる評価」を実行するプログラムを試作してシステム全体を完成させるとともに、必要な学習を実施した後、精神的健康状態の推定精度を

評価する。

5.1.　時系列データに基づく学習

会話､顔画像(表情)、声、動作から得られる各時刻での精神的健康度を統合した後、この統合データを時系列データとして扱い、LSTMにより最終的な精神的健康度を出力する。

図６　試作したチャットボットの出力例

5.2.　会話からの評価法

チャットボットを用いた一人暮らしの高齢者との会話の内容から、認知症などの兆候と見られる会話内容を検出する機能の検討を進め、プロトタイプを試作して評価する。精神状態を良好に保つためのチャットボット機能について研究する。対話により良好な精神状態が保たれるための条件は個人に大きく依存するため、ユーザとの対話の中で上記の精神状態推定機能を利用しながら、良好な精神状態を維持するために必要な条件を取得していく。この条件として、仮想人物の年齢、性別、声や話し方、対話内容などを検討する。

６．研究成果の発表

[1] MORIYAMA Tsuyoshi, Piyarat Silapasuphakornwong, UEHIRA Kazutake. “Complexion visualization using smart mirror and its applications to health monitoring”. In The 3rd International Symposium 2022 by the International Research Center for Color Science and Art, pp. 23-24. March 2022.

光を用いた情報の付与・獲得技術およびその応用に関する研究

研究者名：情報ネットワーク・コミュニケーション学科　海野 浩

１．研究の目的

本研究は，光を用いて実物体上や実空間中の任意の場所にその物体や場所に関する情報を不可視に付与させ，その実物体や実空間を撮像した画像からその情報を獲得する技術を実現する．本研究ではこの技術を発展させ，高度かつ多様な応用を可能にするために，高密度に情報を付与し，それを撮像画像から獲得することを目的とする．さらにその撮像画像が印刷される事例にこの技術を適用することなど，適用領域を拡張することを目的とする．本研究の具体的な応用として，実物体の肖像権を保護する技術，証明用写真の偽造を防止する技術，空間を撮像した画像に三次元情報を不可視に付与する技術などを検討する．

２．研究の必要性及び従来の研究

近年，LINE，Instagram，TikTok，FaceBook などソーシャル・ネットワーキング・サービス（SNS）では，静止画像や動画像などデジタルコンテンツをやりとりすることが多くなった．これに伴いデジタルコンテンツの著作権を保護することの重要性が高まった．そのためデジタルコンテンツの著作権を保護することを目的とした情報セキュリティ分野の電子透かし技術は非常に重要なものとなっている．電子透かし技術は，人に気付かれないようにある情報（メタ情報）を別の情報（カバー情報）の中に付与する技術の一つの形態である．この技術はデジタルコンテンツの著作権を保護することのみならず，デジタルコンテンツの付加価値を高めることができる技術でもある．

本研究の申請者らは，情報を付与する場所をデジタルコンテンツの中から実物体上や実空間へ拡張し，実物体上や実空間に情報を不可視に付与させることができれば，情報セキュリティ分野のほか様々な分野においても新しい応用を創出できると考えた．そして実物体上や実空間に情報を付与させる方法として，光の中に情報を含ませる方法を提案した．この方法は，光の輝度を人間の視覚系の知覚限界以下で変調して，その光を実物体や空間に照射する．これによりその光で照明された実物体の表面や空間に，人に気付かれないように情報を付与することができる．一方で，その情報が人間の眼に不可視であっても光に情報が含まれていれば，その光で照明された実物体や空間を撮像した画像にはその情報が含まれているはずである．この情報を必要に応じて携帯端末のカメラで撮像した画像から獲得し，それを活用するということが本技術の基本概念である．実空間に存在する物体や人間に対して影響を与えることなくそれらに情報を付与できるという本技術が持つ性質は，情報技術としてだけでなく社会的にも必要とされるものである．さらに本技術は，情報の付与から獲得までの一連の行程において用いられる照明装置やカメラなどの機器は一般消費者向けのもので対応できる．この点が関連研究と異なり新規性がある．

３．期待される効果

本研究の提案技術が実用化できると，実物体を所有する者が発信したい情報を，その情報の存在を他者に意識させることなく，携帯端末のカメラを介してその実物体を撮像した者に提供することが可能となる．情報セキュリティ分野においては，美術館に展示される創作物や舞台上の俳優や歌手などの肖像権を保護することが可能となる．さらに実物体を撮像した画像が本物であることを証明できる．これにより証明用写真が偽造されることを防止することが可能となる．これらはいずれも従来の情報セキュリティ技術では解決できなかった問題である．また，光の構造化特性を空間の三次元座標に依存させれば，空間を撮像した二次元画像にその空間の三次元情報を重畳することができる．そのような画像を通常は伝送や蓄積に有利な二次元画像の形態で扱う．必要に応じて二次画像から三次元情報を獲得して三次元画像を生成する．このようなことが可能となる．

４．研究の経過及び結果

前々年度の研究において，高密度の情報を実物体の表面に付与するときの問題点が抽出された．高密度の情報としてチェッカーパタンが用いられた．前年度の研究においては，この問題点をさらに明確にするために，フラットパネルディスプレイ（以下 FPD と略す）に表示される画像に情報を不可視に付与する技術において，その情報を高密度化したときの不可視性と可読性を調べた．すなわち，FPD に表示される画像に高密度化された情報が付与されたときの，①不可視性を満たすその情報の信号の空間的大きさ，および②その信号のビデオカメラに対する可読性を検証した．実験変数である情報の信号の空間的大きさはチェッカーパタンを構成する一辺の大きさ L とした．

実験の結果，不可視性と可読性の両方の要件を満たすチェッカーパタンを構成する一辺の大きさ L の範囲は，実験環境では 14 画素から 24 画素であった（この L に対する FPD 上の大きさは 3.78 mm から 6.48 mm）．すなわち L が一定の大きさ以上であれば不可視性と可読性の性質が同時に満たされることが明らかになった．

本年度は，前年度の実験の結果を踏まえて，高密度化された情報を付与する対象を実物体とした実験を行った．すなわち実物体の表面に高密度化された情報が付与されたときの，①不可視性を満たす情報の信号の空間的大きさ，および②その信号のビデオカメラに対する可読性を検証した．

第 1 の実験定数は情報（メタ画像）の信号が埋め込まれる照明光用の画像（カバー画像）の原色成分である．これを以前の研究に基づいて青色成分とした．第 2 の実験定数はその原色成分の輝度の変調振幅値 ΔB である．その値を以前の研究に基づいて 11 とした．第 3 の実験定数はメタ画像内のチェッカーパタンの位置であり，そのパタンはメタ画像の中の与えられた矩形領域に配置された．その矩形領域は以前の研究において低密度情報として文字列パタンが配置された領域と同じとした．第 4 の実験定数は表示・撮影のフレームレート

であり，それを 60 fps とした．第 5 の実験定数はメタ画像の推定値を計算するためのフレーム数 N であり，それを 60 とした．

実験変数 L はチェッカーパタンを構成する正方形の一辺の大きさ L であった．その L[画素]を 2 から 24 まで 2 刻みで変化させた．なお実験環境では，実物体上の L の大きさは 1.62 mm から 19.44 mm まで 1.62 mm 刻み（2 画素当り 1.62 mm）で変化した．

不可視性の実験の結果，実験環境では，すべての L[画素]（2 から 24 までの範囲）に対して人間の眼に対する不可視性は 90%以上であった．なお，観察距離は 270 cm，観察時間は 10 秒であった．被験者は 20 人であった．神奈川工科大学に所属し，年齢は 18 歳から 23 歳，全員男性であった．

可読性の実験の結果，すべての L[画素]（2 から 24 までの範囲）に対して，メタ画像の信号の推定値である画像$S_b - kS_g$（以下「ノイズ削減画像」という）において二値化閾値は決定できた．ここでS_bとS_gはそれぞれ青色成分と緑色成分に対する総和画像であった．なお係数 k は 1.0 に設定した．なぜならば総和画像S_b上のノイズは総和画像S_g上のノイズに非常に似ていたからである．さらに，L が 14 画素以上のとき（実物体上の L が 11.34 mm 以上のとき），ノイズ削減画像においてチェッカーパタンが確認された．一方，L[画素]が 2 から 12 までのとき（L の実物体上の値が 1.62 mm から 9.72 mm までのとき），ノイズ削減画像上でチェッカーパタンは確認できなかった．これはビデオカメラの解像度に対して実物体上の L が小さく，その結果サンプリング定理を満たしていなかったためである．

不可視性と可読性の両方の実験の結果から，それらの両方の性質を同時に満たすチェッカーパタンを構成する正方形の一辺の大きさ L の範囲が明らかになった．その L の範囲は，実験環境では 14 画素から 24 画素（実物体上の大きさは 11.34 mm から 19.44 mm）であった．すなわち L が一定の大きさ以上であれば不可視性と可読性の性質が同時に満たされることが明らかになった．

５．今後の計画

これまでの成果に基づき，実物体の表面に情報を不可視に付与し，それを撮影画像から獲得する技術について，実用レベルに完成度を高め，さらにその技術の適用領域の拡張を図る．

実用レベルに完成度を高めるために，実物体の表面に不可視に付与された情報を獲得する技術において，その付与された高密度の情報の信号に関する検出精度を明らかにする．また情報の付与強度である情報の輝度の振幅変調値ΔB に対する不可視性・可読性の関係を明らかにする．さらに情報を付与する別の方法を検討することにより，撮影画像から計算される総和画像（メタ画像の推定値）上のノイズの低減化を図る．

その上で提案技術の適用領域の拡張を図る．すなわち撮像画像が印刷される場合における印刷画像へ情報を付与する方法，およびその印刷画像からその情報を獲得する方法を検討する．また撮像画像に三次元情報を不可視に付与する方法においては，撮像画像からパタンを除去することが困難であるという問題を解決する方法を検討する予定である．

６．研究成果の発表

［1］海野浩，上平員丈，“時間的に輝度が変調された光を用いた実物体上の情報ハイディングーチェッカーボードパタンの場合の不可視性と可読性ー，” 画像電子学会第 299 回研究会講演予稿，pp.123-128，Feb.2022.

高効率駆動機構を備えた自転車の最適化研究

研究者名：ロボットメカトロニクス学科　　高尾秀伸

１．研究の目的

本研究では、人間の身体・運動生理特性に基づき、操縦者の発揮する力が最大限に伝達できる、高効率な駆動装置およびシートを備えた、高効率自転車の開発を目標とする。

２．研究の必要性及び従来の研究

現在の形状をもったいわゆる「セーフティ型」自転車は今から約 140 年前に生み出されたが、それ以降大きな進歩を遂げてはいない。確かに素材の軽量化や電動アシスト機能が加わるなどの進歩は見られるが、操縦者の身体・運動生理特性を最大限に伝達する工夫についてはほとんど進化していないと言える。それは、140 年前から基本的に駆動装置であるクランク機構に大きな工夫が加えられていないからである。

そこで、本研究では、シートを備えることで体幹への負担が小さく，空気抵抗の影響が小さく高効率なリカンベント自転車に着目した（図 1）．そして当該形式自転車をベースとして人間の身体・運動生理特性に基づき、操縦者の発揮する力が最大限に伝達できる、高効率な駆動装置を備えた高効率自転車の開発を目標とする。今期は，実験用のプロトタイプ機構の試験実装を行い，台上試験によりアイデアの基礎的な実証試験を行う．

図１　リカンベント型自転車

３．期待される効果

高効率駆動可能な自転車を開発できれば，体にかかる負担を低減できるため，より快適に移動や運動が可能となる．これにより，脱炭素化社会の実現に向けたパーソナルモビリティの発展に寄与できる．さらに，体力的に不安を抱えていた高齢者や新型コロナの影響で在宅勤務が続いて運動不足状態の社会人などの健康増進を図ることができ，国民の健康寿命延伸に貢献できる．

４．研究の経過及び結果・評価

4.1　楕円駆動機構の提案

真円クランクのペダリングにおいて膝関節屈曲角度 25°のときに下死点付近になってしまうため，機械的効率が高い状態でペダリングを行うことは不可能である．そこで，ペダル軌道を楕円化することで前記の問題を解決できると考えた．駆動機構の製作は高出力自転車 SDV の機構(OTEC 社)を使用した．楕円軌道とすることで股関節屈曲角度 60°付近で踏み込めるようになり，最大有効トルクを発揮できるようにした．

4.2　楕円軌道駆動機構の評価

楕円軌道駆動機構を評価するため，実験を行った．ペダリング時の股関節屈曲角度とトルクの結果を図 3 に示す．トルクは，2 次の多項式近似の結果，股関節屈曲角度 57°で最大であった．よって，本研究で提案した楕円軌道駆動機構は，前年度明らかになった下肢伸展力特性を反映し有効トルクを最大化できる可能性が示された．

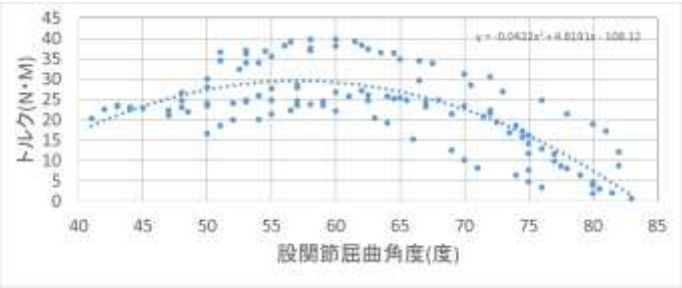


図 3　股関節屈曲角度に対するトルク特性

５．今後の計画

高効率機構の基礎的な効果実証に成功したため，今後機構の更なる最適化を図り，実走行実験を経て実用化を目指したい．

６．研究成果の発表

2022 年度に学会発表予定