## 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 14 号

2018 年度

## 目次

分子の立体構造理解のための簡易 HMD 型 VR 学習コンテンツ1
情報ネットワーク・コミュニケーション学科 井上哲理
仮想空間と現実空間の重畳のための裸眼 3D ディスプレイ5
情報メディア学科 谷中一寿
スマートフォンが送受可能な非可聴音を用いた高精度屋内測位法と測位基盤の構築9
情報工学科 田中博
流体力学を教育する CG コンテンツの開発課14
情報メディア学科 服部元史
デジタルファブリケーションによる造形物への情報埋め込み技術に関する研究16
情報ネットワーク・コミュニケーション学科 上平員丈
高効率駆動機構を備えた自転車の最適化研究
─駆動機構の評価および設計指針の導出─20
ロボット・メカトロニクス学科 高尾秀伸
住民組織活動を通じたソーシャルキャピタル醸成に関する研究24
栄養生命科学科 原島恵美子
カンピロバクターバイオフィルムに対する焼成ホタテ貝殻粉末の殺菌効果29
栄養生命科学科 澤井淳

## 分子の立体構造理解のための簡易 HMD 型 VR 学習コンテンツ

情報学部・情報ネットワーク・コミュニケーション学科 井上哲理

全面はスマートフォン

#### 1. 研究の目的

本研究は、没入型 HMD(Head Mounted Display:頭部搭載型ディスプレイ)を用いた 学習用コンテンツに関する研究である、学習用コンテンツとしては分子の 3 次元構造を対 象とする.そして,没入型 HMD デバイスとしては,市販のスマートフォンを用いる「簡 易型 HMD | を使用する (図 1).

本研究の目的は, 化学や生命科学を学ぶ大学生 に対して分子の3次元構造の理解に簡易型 HMD 表示が役立つのか、効果があるのか、また効果を 高める要因は何かを, 学生を対象とした評価実験 をとおして明確にすることである.

まずは次の2つことを2年計画の目標とした. ①分子の3次元構造のHMD型VR表示は,PC

図1 簡易型HMD

画面での3次元CG表示と比較して,学習者の構造理解に効果があるかを明確にする.

②分子の3次元構造のHMD型VR表示で構造理解の効果を高める主要な要因を明らか にする.

こららの準備として,平成 30 年度(2018 年度)は,表示用プログラムの作成,実験用 素材・コンテンツの検討を目的として、具体的には次のことを目標とした。

- ・スマートフォンで表示可能な分子構造モデル表示プログラムの完成
- ・学生に対しての分子構造理解度確認に適した素材の決定
- ・実験用コンテンツの試作と予備実験の実施

#### 2. 研究の必要性及び従来の研究

バーチャルリアリティ(VR)技術は急速に発展しており、その代表的な技術が広視野・ 高精細な映像体験が可能な没入型 HMD である.没入型 HMD では仮想空間映像を見てい るユーザが仮想空間に実際にいるような感覚、あるいは仮想物体が本当にあるような感覚 を得やすい. この体験感覚を活用した, 学習やトレーニングへの没入型 HMD 技術の応用 が期待されていて,例えばスポーツや各種業務のトレーニングへの応用研究がすでに行わ れている. 本研究でも、このような可能性に着目して、化学分子(molecule)の立体構造 の学習に没入型 HMD を用いることを検討する、特に学生が所有するスマートフォンを表 示デバイスに用いる「簡易型 HMD」での実験、検討を行う、従来の研究では、分子構造の ような「そもそも通常では体験できない」対象の仮想物体に対しても、没入型 HMD 用の 効果的映像コンテンツの要件が課題となっている.

#### 3. 期待される効果

本研究課題は学習・トレーニングに VR 技術を応用する研究の一つであるが、対象をミクロサイズの分子構造という、実際には見たり触ったりできず、実体そのものに対する現実感が乏しいものを対象としている点が特徴である。そのため、没入型 HMD 表示で通常期待される臨場感・実在感による学習効果は期待できない対象でも、没入型 HMD 表示は効果があるのかをテーマとして研究を進めていくこととしている。そして、科学教育の観点では、本研究課題の成果として、実体が捉えにくい分子モデルの構造理解学習に対して、効果的な新しい学習方法の提供が期待できる。

#### 4. 研究の経過及び結果

本年度は、分子の立体構造理解のための簡易 HMD 型 VR 学習コンテンツのための表示 用アプリの機能検討と作成、表示実験、そしてコンテンツとしての評価を計画した。今回、簡易型 HMD として、Sumsung 製 GearVR を想定して、アプリは Android OS を搭載するスマートフォン用に作成することとした。

#### (1)表示用アプリの機能検討

対象とする高分子としては、主にタンパク質分子として、国際的な 3 次元構造データベースサイト ProteinDataBase(以下 PDB、https://www.rcsb.org/pdb/)のデータを利用できるようにした。機能としては、3 次元構造データのダウンロード、簡易型 HMD への立体モデル表示、立体モデルの移動、回転などの基本操作を搭載することにした。なお、スマートフォン端末のセキュリティ上の問題で PDB データの保存機能は少し難しく、利便性は低下するがデータベースサイトから毎回ダウンロードする方法とした。

#### (2)表示用アプリのプログラム作成

プログラム作成には統合開発環境ソフトウェア Unity3D (Unity Technology 社製)を用いて、3 次元構造データのダウンロードなど、(1)に示した基本操作を行えるものを作成した. プログラムは別のプロジェクトで開発済みの PDB データ解析ライブラリ・パッケージの機能を削減する形で用いることで短期間での完成をめざした.

#### (3)プログラム実行の流れ

作成したプログラム(Android アプリ)の実行の流れは次のとおりである.

- ①アプリ起動とヘッドセット装着
- ②PDB ファイルのダウンロードと表示
- ③表示されたモデルへの操作(移動・回転など)
- ④モデル表示の変更 (表示モデル形状の変更,分子の機能毎の色分け)

#### (4)表示実験と予備評価実験

制作アプリで PDB ファイルのダウンロード,表示を行い良好な結果を得た(図2).また,モデルの移動・回転,形状変化,色付け等の機能もおおむね予定通りに動作した(図3).

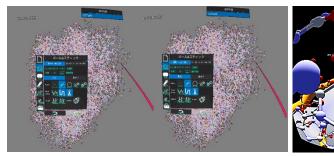
すでに分子構造を理解している化学・生命科学系の教員,大学院生を対象とした予備評価実験として使用感を調査した.そこでの意見から構造の理解度向上が期待できること,操作性は改良が必要なことが示唆された.

#### 5. 今後の計画

1年目(2018年度)の目標であった VR 学習用アプリ制作はおおむね実施できた.2年目には学生を対象とした実証実験を計画する.3次元構造を,(a)プロジェクターで 2D 表示をした場合,(b)PC 用分子 CG ツールで 3DCG 表示した場合,(c)今年度制作の簡易型 HMD 表示で学生個々が観察する場合を比較する.そして,学習者の理解度を質問型試験,課題レポート等で調べるとともに,HMD 映像体験に関するアンケートで印象評価を探る.

#### 6. 研究成果の発表

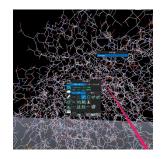
制作したアプリについて、また評価実験の結果について学外発表を 2019 年度以降に計画している.

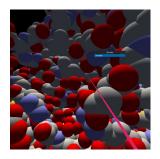


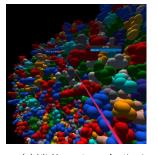
(a)モデルと操作メニュー

(b)モデル表示を別形状にした映像

図2HMD内のスマートフォンに表示された分子3Dモデルの左右画像







(a)操作用の赤い線(ビーム)(b)モデル表示:ボール型

(c)機能による色分け

図3 表示形状や機能別色分け機能など

(以上)

4

研究者名:情報メディア学科 谷中 一寿

#### 1. 研究の目的

ミクストリアリティにおいて特殊なメガネなしで現実空間と仮想空間とを重ね合わせるための立体表示方式としては、横だけでなく縦方向にも視差を生ずるインテグラルフォトグラフィ(Integral photography、以下 IP と略す)方式が望ましい。特に IP の一種で、かつて筆者らが提案した拡張フラクショナルビュー(Extended Fractional View、以下 EFVと略す)方式を用いれば、安価に高品質な IP が実現できる。ミクストリアリティでは、仮想空間と現実空間の重なる領域が大きいことが望ましく、そのため飛出し量の増大や大画面化などが求められるので、それらに必要なさまざまな技術を確立し、かつそれらの技術を用いてユーザビリティに優れた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

両眼視差を利用した数ある 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 は、ホログラフィにも似た優れた特徴を有する優れた方式であるが、非常に高精細な液晶ディスププレイ(LCD)やそれ専用のフライアイレンズが必要なため、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 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、安価な既製品で 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、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、解決すべき課題がある。

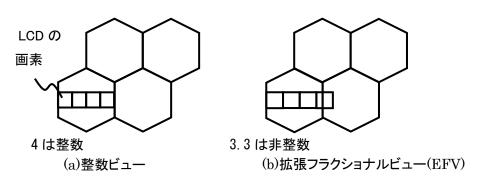


図1 整数ビューと拡張フラクショナルビューの違い

#### 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

平成30(2018)年度には、以下のような進捗があった。

#### 4. 1 2層 IP を用いたホログラフィックピラミッド

ホログラフィックピラミッドは、LCD などの平面ディスプレイと、ピラミッドと呼ばれる透明または半透明の板材で作られた四角錐とを組み合わせた画像表示装置であり、物体があたかもピラミッドの中に浮いているかのように見える。しかも 360° の任意の方向から見ることができるので、デジタルサイネージに応用すると、多くの人の目を引くことが期待できる。さらに、ピラミッド内に実物体を入れると、実物体と浮遊像が同じ空間に共存することになるので、裸眼ミクストリアリティと呼ぶにふさわしい状況になる。

従来のホログラフィックピラミッドでは、平面ディスプレイは 2D であるので、浮遊像も 2D であるので、もし立体的に見えたとしてもそれは目の錯覚である。しかし平面ディスプレイとして裸眼立体表示が可能な IP を用いると、浮遊像も 3D になり、両眼視差による奥行き感が得られるので、より臨場感を高めることができる。

しかし、IP で表現可能な奥行きには限界があり、大きく飛び出したり沈み込んだりする部分は画質が劣化する。そこで本研究では、図2に示すように2 つのインテグラルフォトグラフィ(IP)ディスプレイを使用して、広範囲の奥行きを表現できる新しい3D ホログラフィックピラミッドシステムを提案した。IPディスプレイは、ピラミッドの上部と下部にそれぞれ配置されており、上部が遠景用、下部が近景用である。

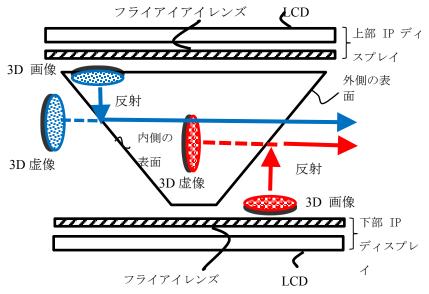


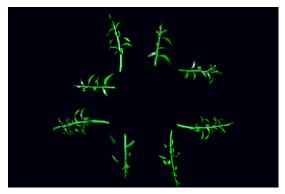
図2 2層 IP を用いたホログラフィックピラミッドの原理

図3に、上部と下部のIPディスプレイに表示される画像を示す。ピラミッドの側面から 観察すると、魚が近景、水草が遠景となり、それぞれ立体感があるのに加え、両者の間に 空間が存在するように見える。

また図4に示すような、手指のモーションキャプチャデバイスである Leap Motion を使用してユーザの手の動きを検出することによって表示されたオブジェクトが移動するインタラクション機能も導入した。



下部 IP ディスプレイ用の画像(魚)



上部 IP ディスプレイ用の画像(水草)

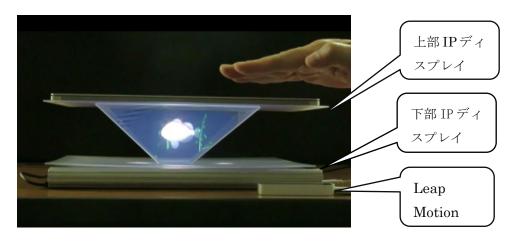
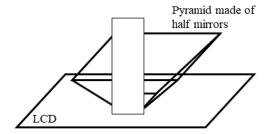


図3 2層 IP を用いたホログラフィックピラミッドの外観

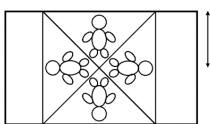
#### 4. 2 背の高い物体をより大きく表示できるホログラフィックピラミッド

従来のホログラフィックピラミッドシステムでは、四角錐の四辺は、図4の左側に示すようにLCD の四辺と平行になるように配置されている。この方法では表示されたオブジェクトの高さはLCD の短辺の半分を超えることはできないため、アニメなどに登場するような人や動物のキャラクタなどの背の高いオブジェクトを表示するのには適していない。そこで図4の右側に示すように四角錐をLCD に対して45°回転させて配置した。これにより、同じ大きさの液晶ディスプレイを使用した場合てもキャラクタを約1.4倍大きく表示することができる。従って美術館や店頭などに設置した場合、より目立つ表示が可能になる。

## 従来方式



ピラミッドはLCDに平行



Half of the short side of the LCD

オブジェクトを縦横に表示

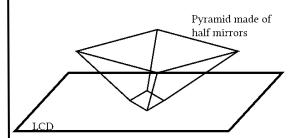


LCD に表示される画像

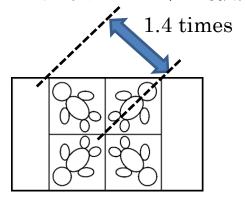


ユニティちゃんが小さく表示される

## 提案方式



ピラミッドはLCDに対し45度回転



オブジェクトを斜めに表示



LCD に表示される画像



ユニティちゃんが大きく表示される

図4 従来のホログラフィックピラミッド(左)と、背の高い物体を大きく 表示できるホログラフィックピラミッド(右)の比較



# スマートフォンが送受可能な非可聴音を用いた 高精度屋内測位法と測位基盤の構築

情報工学科 田中 博

#### 1. 研究の目的

位置情報はナビゲーション、情報提供や物流管理などに利用され、極めて有用な情報である.屋外での位置情報取得手段としては GPS/GNSS がすでに広く普及し、事実上の標準システムとなっている.しかし、屋内エリアでの位置情報取得のための測位方法は、一般に屋外よりも高精度な位置検出が要求されるものの、GPS のように一般的な方法としては確立していない.

我々はこの問題点の解決手法の一つとして、広域な屋内エリアに適用可能な経済的、かつユーザ要求 (精度、エリア等)に柔軟に対応可能な測位方法の検討を進めている. 具体的には電波を用いる方法に比べて高精度な測位が可能な音波を用いることを前提に取り組んできた.

研究の進捗とともに、所定の精度(数 cm 以下の誤差)を実現することはできた. H28 年度からは、音の持つ波としても性質を利用したデータ伝送を検討している. これによって、測位機能と通信機能を同一ハードウェア構成で実現でき、より適用範囲の拡大につなげられる可能性がある. 一方で、検討しているシステムは音をセンシングする構成であり、ソフトウェア処理により音の識別の機能を実装することも可能である. H30 年度から、室内音源の識別手法の検討に着手した. これらを通して、音を用いた測位、通信、識別機能を実現し、知的な空間を構成するための技術としての確立を目的とする.

最終的には、明らかにした要素技術を広域屋内測位プラットフォームとしての汎用化を 実現し、多様な応用システムへの展開を容易とすることを目的とする。さらに、具体的事 例として、実用的なアプリケーションシステムを構築、デモンストレーションによりその 有効性を実証する.

#### 2. 研究の必要性及び従来の研究

屋内での位置検出については、大規模な地下街やアーケード内でのナビゲーション、視 覚障がい者のためのガイダンス、工場内での搬送車両の位置管理や自動運転など多くの適 用領域が考えられるが、実際にそれらの要求に答えることができる汎用的なシステムは実 用化されていない.

前述に示したように屋内での測位法として確立されたものはなく, (1)無線 LAN などの電波強度や到達時間差を用いたもの, (2) RFID を床等に配置し, その受信から位置を割り出す方法などが多く検討されている. しかし, (1) では精度的には数 m の誤差が生じること, (2) では広いエリアでの測位を実現しようとすると RFID を稠密に配置するために膨大な数量の RFID が必要となり, 現実的なシステムとはならない. 一方, デッドレコニングと呼ばれる

慣性センサを用いた測位も多く提案されているが、その蓄積誤差を補償する方法も提案されているが、精度的には m オーダーであり、課題は解決されていない.

我々の提案手法と同じ原理である音波を用いた測位法の研究例はあるものの,これらは 狭い空間や室内での位置を正確に測るという観点で検討されている状況にあり,広域への 展開は考慮されておらず,実用レベルには至っていないのが現状である.

また、音を用いたデータ伝送技術、音の識別技術に対する個々の研究は行われているが、個別の技術、システムとなっているのが現状である。マイクセンサという入力インタフェースは共通であり、その他は基本的にソフトウェア処理によって実現可能である。積極的に音を利用することにより、共通のシステム構成で測位、データ伝送や音の識別による環境推定を展開できる可能性があるが、具体的な研究事例は筆者らの知る限り見当たらない。

#### 3. 期待される効果

現在のシステムにない屋内での広域エリアに適用可能な高精度な測位システムを提供できる。そして、屋内版 GPS/GNSS として、多くのアプリケーションを展開できる基盤技術、プラットフォームと成り得る。合わせて、要素技術の研究開発に留まらず、汎用プラットフォームとしてその上に応用システムを構築し、実証システムとして実現するため、単なる学術的な成果という観点ではなく、産学共同研究や事業への展開の可能性も期待できる。特に、データ伝送、音の識別機能を加えることができれば、より多様な応用が期待できる。

## 4. 研究の経過及び結果

平成30年度は、前年度開発した音を用いた検討し、測位機能とデータ伝送機能を両立したシステムの論文化を完了し、新たに、

- ・従来の超音波,スペクトル拡散を適用した音源ではなく,室内に存在する各種音源による測位方法の検討
- ・各種室内音源の識別方法の検討とその応用システムの開発 に着手した.
- (1) 測位機能とデータ伝送機能の共存の実現

数年来に渡って行ってきた測位機能と H29 年度検証した音の変調によるデータ伝送機能 (測位音源に受信タイミング検出のためのスペクトル拡散を施す前に, 0, 1 からなるデータ系列を用いて一次変調を行い, その後拡散符号で拡散(二次変調)して送信し, 受信側で逆拡散, 復調する方式である.)を同一ハードウェア構成で実現した. これは, GPS/GNSS において電波で行われている測位とデータ伝送を音波で実施するというコンセプトである. これを測位航法学会誌に投稿し, 受理掲載された.

- (2) 測位対象音源の拡張と測位実験
  - (2-1)室内音源の受信タイミングの検出

測位用の音を検出しているマイクセンサは、測位音源を含めた全ての環境音を検出して

いる.これを積極的に利用することにより、測位機能と音の識別機能を同一構成で実現できることになる.従来の測位音源は、超音波と上記で述べたスペクトル拡散を適用した音源であり、これらの受信タイミングから測位を行っている.タイミング検知を従来の相関計算から CSP 法(白色化相互相関)に変更し、音源の種類によっては検出精度には不十分なところがあるものの、測位音源以外でも検知可能なことを確認した.

#### (2-2)各種室内音源による測位

従来手法では、拡散音源のための符号を発信側、受信側双方で保持していたが、室内での通常の音源では、拡散符号を持たせることはできない。よって、受信点の1か所を参照点として、各受信タイミングの差を求めて測位を行った。音源として、拡散音、人の声、電子レンジ、電話の着信音を選定して測位精度の実験を行った。その結果、人の声、電話の着信音では、従来の音源と同等の性能を確保することができず、精度確保が今後の課題として残った。今年度は精度確保に取り組む。

#### (2-3)室内測位実証プラットフォームの構成

(2-1), (2-2)の実験では、理論的な検証を目的として、大きさが 1m 四方程度のフレームを利用して、受信センサと音源を配置した。実際の室内空間での技術検証のために、約 20m<sup>2</sup>をカバーする天井の領域に音波センサ 30 個を配置する実証プラットフォームを構築した。今後は、この実際と同様な環境で実験、評価を行う予定である。

#### (3)室内音源の識別法の検討と応用システムの実現

前述のとおり、測位で使用しているマイクセンサは、通常のマイクセンサであり、多様な音の検出が可能である. 測位利用に限定することなく、他の利用に展開すべきであると考えられる. この点を踏まえ、室内音源の識別方法とその応用システムの検討に着手した.

#### (3-1)アラーム音源識別法の検討

室内音源として、各種アラーム音の識別を検討した. 具体的には、火災検知器、ガス漏れ警報器、呼び出しブザーなどの 8 種類である. 識別のための特徴量として、パワースペクトルと MFCC、 $\Delta$  MFCC、 $\Delta$  MFCC の組合わせを抽出するとともに、ニューラルネットワークを用いて学習モデルを作成した. 別途準備した評価用データを用いた実験の結果、それぞれ 98%、86%の精度を得た.

## (3-2)アラーム音源鳴動報知システムの構成

(3-1)で作成した学習モデルを用いて、聴覚障碍者の利用を想定した報知システムを構築した。Raspberry Pi に学習モデルを格納し、リアルタイムに音を識別し、アラーム音と判断すると Bluetooth を介してユーザのスマートフォンを鳴動、アラーム音源の識別結果を画面上に表示するものである。実利用を想定した室内実験の結果、パワースペクトル、MFCCを用いた場合で、それぞれ 83%、88%の識別精度を得た。この結果を国際会議 HCI2019 に投稿し、受理された。

#### 5. 今後の計画

H31 年度は以下の項目に注力して検討を進める. また,同時に外部発信にも継続して努力する.

## (1)各種室内音源の測位精度の高精度化

音源によっては、十分な測位精度が確保できていない.この解決手段を考案するとともに実験で評価し、その結果をジャーナル論文として投稿する.

これまでは、静かな室内環境下での評価であるが、テレビの音や環境音楽の存在が雑音となり、測位精度が劣化することが考えられる。この解決方法を明らかにする.

#### (2)環境音の識別とその高精度化と応用

前年度の対象に対して、室内雑音が存在する中での識別精度の確保を実現する. 具体的には、環境雑音の影響を除外するスペクトルサブトラクションの適用を考えている.

環境音の識別による間接的な環境推定手法の検討,あるいは避難所など多数の人が集まる中での拡声音の認識のための前処理方法なども状況に応じて検討対象とする.

#### (3) RTK-GPS の評価とその応用

RTK-GPS, 準天頂衛星(みちびき)による屋外測位の高精度化が可能になっている(従来の数mから数十 cm,数 cm の精度が容易に実現されつつある).まずは,実験のための環境構築や精度評価を行いつつ,具体的利用のためのノウハウを獲得するとともに,具体的利用対象を明らかにする.現段階では,スポーツ選手(サッカー)の動きの解析への適用を想定している.現在は,ビデオカメラによる解析で行われているようであるが,装置の設定や位置検出の負荷が大きく,RTK-GPSでの適用の可能性の検討は意味が大きいと思われる. (4)水中における測位技術の検討

屋外は GPS/GNSS, 屋内内は無線 LAN を用いた測位を適用し、屋外と屋内での測位をシームレスに測位を行う取り組みがある. 水中での位置検出は、ソナー技術があるが、検出側と非検出側の相対的な位置関係の検出になっていると思われる. 水中での位置検出という観点から技術的な可能性と、その意義と需要について調査し、新規研究テーマとしての可能性を模索する.

#### (5)外部発信

学会発表に加え、CEATEC への出展を計画する.引き続き、実証実験パートナーの開拓を目指す.

#### 6. 研究成果の発表

上記遂行にあたって、H30年度に発表した主なものを以下に示すとともにその別刷りの一部を添付する.

(1) 門倉 丈, 森下 航平, 五百蔵 重典, 田中 博, スペクトラム拡散による音を用いたデータ伝送機能を具備する高精度屋内測位手法の提案と検証, 測位航法学会論文誌, Vol.9, No.2, pp.7-16, 2018

- (2) 門倉 丈, 五百蔵 重典, 田中 博, 室内環境における各種音源の位置推定のための一検 討, 2018 信学ソ大, B-18-1, p.285
- (3) T. Kadokura, S. Ioroi, and H. Tanaka, Feasibility Experiment on Position Estimation of Various Sound Sources in Indoor Environment, The Eighth International Conference on Ambient Computing, Applications (Ambient2018), Services and Technologies, pp.17-20
- (4) 門倉 丈,川喜田 佑介,五百蔵 重典,田中 博,室内環境における各種音源の位置推定手法とその基礎的評価,ASN 研究会,ASN2018-73,pp. 109-114
- (5) 門倉 丈,渡辺 滉平, Elisa Sihombing, Syauqan Wafiqi,田中博,ニューラルネットワークを用いた室内アラーム音の識別の検討,第 81 回情処全大,4V-05, Vol.2,pp.559-560
- (6) 門倉 丈, 柳谷 吉風, 渡辺 滉平, 須藤 康裕, 田中 博, 小川 雛子, 酒屋 尚子, 小林 潤一郎, ニューラルネットワークを用いた室内アラーム音の報知システムの提案, 2018 信 学総大, B-18-7, p.358
- (7) 門倉 丈,渡辺 滉平,柳谷 吉風,須藤 康裕,田中 博,ニューラルネットワークを用いた室内アラーム音の識別とその報知システムの基本検討,第 77 回情報システム研究会,IS-19-018,pp.91-96

なお, 本研究に対する一部の実験時の動画は

http://www.tnklab.ic.kanagawa-it.ac.jp/tanakalab/kenkyu.htmから視聴可能である.

## 流体力学を教育する CG コンテンツの開発課

研究者名:情報メディア学科 服部 元史

#### 1. 研究の目的

Biomedical Research Center(センター長 応用バイオ化学科 小池あゆみ教授)のメンバーとして「タンパク質カプセル視を血液が輸送する現象」を数値計算する研究に従事したり、情報メディア学科 坂内祐一教授の嗅覚ディスプレイにおいて「芳香気体を空気が拡散させる現象」を数値計算する研究に従事しながら、粒子法 Moving Particle Simulation(MPS)による流体力学シミュレーション技法を改良しながら応用する研究を筆者は進めて来た。

このように研究成果を蓄積してきた粒子法 MPS を駆使しながら、理工情報系の大学生達や高校生・中学生・小学生に向けて流体力学を分かり易く教育できる可能性が高い。

流体力学を教育するためには、粒子法 MPS で数値計算されたシミュレーション結果を 視覚的に見せる必要があるが、Computer Graphics に可視化する方法に工夫の余地が多い。

#### 2. 研究の必要性及び従来の研究

粒子法 MPS で数値計算されたシミュレーション結果を Computer Graphics へ単純に描画すると、膨大な個数の粒子達が ただだた運動しているだけであり、視認しづらいことになる。粒子達を描画するにあたっても、流体の成分ごとに区別して視認できるように、色相を変えたり 透明度を工夫したりする必要がある。

また流体領域が時間と共に変形する様子を見せるためには、粒子達の塊の境界を抽出し、そこに Polygon 壁に変換する必要がある。

#### 3. 期待される効果

粒子達の塊の境界を抽出し そこに Polygon 壁に変換し 流体領域を 3D model として流体領域を捉えることにより、液体や気体としての質感を設定し、照明 Lighting や視点 Camera Walk を工夫することで、Real な液体や気体として視認できるようになる。

#### 4. 研究の経過及び結果

「タンパク質カプセル視を血液が輸送する現象」や「芳香気体を空気が拡散させる現象」を数値計算できるべく研究を進めて来た粒子法 MPS を駆使して、流体力学を教育する可視化コンテンツを開発するべく、Sloshing 現象から作成した。その一部を静止画像で本校の最後に表示する。

## 5. 今後の計画

粒子法 Moving Particle Simulation で数値計算した液体の運動を、各時刻ごとの画像ファイルに描画し 連番の画像ファイルを得てから、アニメーション Movie File に生成できている。これらを Web 3D でも描画し、Internet で公開できることを今後の目標とする。

#### 6. 研究成果の発表

流れのふしぎ展 2019 科学未来館(K センター 石綿良三教授が代表)にて発表する予定である。



図1 流体領域を粒子で描画



図2 流体領域を粒子で描画



図3 流体領域を Polygon で描画



図 4 流体領域を Polygon で描画



図5 液体の質感で描画



図6 液体の質感で描画

## デジタルファブリケーションによる造形物への情報埋め込み技術に関する研究

研究者代表者名: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

3D プリンタの発展と応用領域拡大に寄与する 3D プリンタ造形物の高付加価値化を目指し、3D プリンタ造形物の内部に情報を埋め込む技術およびこの埋め込んだ情報を外部から非破壊で読み出す技術の確立を目的とする。

#### 2. 研究の必要性及び従来の研究

近年、3Dプリンタなどの3Dモデルデータから実物体を造形するデジタルファブリケーションが注目されている。最近では、個人でも購入可能な安価な3Dプリンタが発売されており、今後、3Dプリンタは広く普及すると予想される。3Dプリンタが普及すれば、ユーザは従来のように「もの」としての商品を購入するのではなく、インタネットを介して商品を製造するためのデータを購入し、自宅やオフィスで「もの」としての商品を製造できることになる。このことが、3Dプリンタは将来、製造業や物流に変革をもたらす可能性があると言われる所以である。我々は、これまでに3Dプリンタ造形物の高付加価値化を目的に造形物内部に情報を埋め込む方法を研究してきた。この方法として、3Dプリンタが「もの」を造形する際に同時にその内部に情報を表現するような微細構造を形成し、その微細構造が表現する情報を外部から非破壊で読み出す方法の検討を進めてきた。

3D プリンタ造形物の内部に情報を埋め込み、これを情報端末により必要に応じて読み出せれば IoT における「もの(Things)」としても活用でき、これより 3D プリンタ活用の範囲を一層拡大することができる。また、デジタルファブリケーションにおけるコンテンツビジネスでは 3D モデルデータの著作権保護が課題であり、3D プリンタの普及のためにこの課題解決は不可欠であるが、本技術を用いて造形物内部に著作権情報を埋め込むことができればこの問題の解決が可能となる。

本研究と同様の研究はマイクロソフトの研究所から報告されているが、その方法では情報を表現する内部パタンを別部品として制作後、この部品が内部に含まれるように 3D プリンタで造形した数点の部品を組み合わせることで最終製品を成型する。これに対して、本研究では内部構造は最初から製品の 3D モデルデータに一体として含まれており、ユーザは単に一つのデータを 3D プリンタに入力するだけで自動的に内部パタンが形成されて情報が埋め込まれた造形物ができる。したがって、本方法はユーザに特別な組み立て工程を行わせないという点で従来法とは基本コンセプトを異にしている。

#### 3. 期待される効果

本研究で開発を目指す技術により、3Dプリンタ造形物の付加価値が高まり3Dプリンタの応用領域拡大に大きく貢献することが期待される。

また、従来のデジタルファブリケーションでは 3D モデルデータを不正に入手して違法に 製造された実物体に対して、著作権を保護する有効な手段がなく、今後、3D プリンティン グをはじめとするデジタルファブリケーションを健全に発展させる上でコンテンツの著作 権問題は避けて通れない課題となっている。本技術はこの課題を解決できる有効な方法と 考えられ、3D プリンタのコンテンツビジネス発展にも大きく貢献するという意義もある。

#### 4. 研究の経過及び結果

3D プリンタ造形物の高機能化を狙い、内部構造を以下の 2 種類の機能性材料で形成する 方法を検討した。

#### (1) 蛍光色素による内部の構造化

前回テーマの最終年度に提案して原理確認を行った近赤外領域で蛍光性を有する色素を含有する樹脂で内部に微細なパタンを形成化する方法について検討を進めた。この色素は波長 $\lambda_A$ の近赤外線光を照射すると波長 $\lambda_B$ の近赤外線光を発光する。いずれも人間の目には見えない波長であるが、パタンを形成する樹脂にこの色素を含有させればパタン自らが発光するので近赤外線カメラで撮像すると明るいパタン像が得られる。さらに、光源光と色素が発する光の波長が異なるのでフィルタにより色素から発した光のみ撮像に用いれば、

光源光の造形物の表面反射によるノイズが除去でき、高コントラストで低ノイズの撮像が期待できる。この色素は樹脂の中に1%未満とごく少量含まれているだけも十分な光を出す。含有量が微量なので樹脂の色の変化も少なく、したがって、母体と同一の樹脂に含有させれば表面のごく浅いところにパタンを形成しても外部から不可視にパタンを形成することが可能である。

平成30年度はまず内部パタンの不可視性を評価した。図1に表面から0.5mmの位置に2次元コードパタンを形成した試料の外観写真を示す。外部から内部パタンの存在は確認できない。図2は図1の試料の上部から近赤外線を照射し、近赤外線カメラで撮像した画像を示す。図2より、内部パタンが明瞭に撮像できることがわかる。また、このパタンは2次元コードリーダにより復号化できることも確認できた。

(2) 磁性材配合樹脂による内部の構造化



図1 内部に2次元コードパタンを形成した 3Dプリンタ造形物

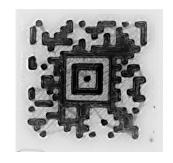


図2 近赤外線カメラで撮像した内部パタン

造形物の内部に磁性材を配合した樹脂で微細領域を形成し、この領域を外部から磁化したり、磁化を検出したりすることで3Dプリンタ造形物内部に書き換え可能に情報を埋め込む方法を検討した。

熱熔解積層方式の2ノズル型3Dプリンタで試料を作成した。一方のノズルからPLA樹脂を噴出し、他方のノズルからは鉄粒子が配合されたPLA樹脂

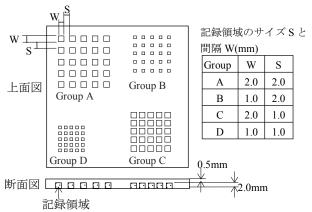


図3 試料の構造

を噴出し、図3に示すようにPLA 樹脂中に5x5の鉄粒子を含む情報記録領域を形成した。記録領域は厚さを2mmとし、サイズと隣接する領域間のスペースは実験パラメータとし、それぞれについて1mm、2mmとした4つのグループを形成した。

記録領域は鉄粒子を含むがPLA樹脂に配合されているため他の鉄 粒子を含まない領域と同一温度で形成でき、このため、試料全体を 連続した工程で形成した。

上記構造について、情報書き込み、読み出しの可能性を評価した。 各記録領域に磁化の方向により1ビットの情報を書き込むこととした。書き込みには直径1mmで長さ10mmの細い棒状の磁石(表面磁東密度:140mT)を用いて各記録領域上部の造形物表面に接触させて記録領域を磁化した。情報読み出しの可能性を評価するためテスラメータで各記録領域上部の表面の磁束密度を計測した。

図4は記録時の各領域の磁化の方向を示す。隣接する記録領域の磁化方向の影響を調べるため、図4(a)~(d)に示すように5x5の領域のなかの3x3の領域を選び、中心と周辺の磁化の向きを変えて各領域上部の表面の磁束密度を測定した。また、(e)に示すように5x5領域をランダムな方向で磁化した場合のそれぞれの領域上部の表面の磁束密度を測定した。図で空白のマスはいずれの方向にも磁化をしなかった領域を示す

図5に図3に示すGroupDの各磁化領域上部の表面における磁束密度と磁界の方向の測定結果を示す。図5から、いずれの場合も期待通りの磁界の方向が検出され、本実験での条件で各領域への情報記録と読み出しが可能であることが確認できた。図3に示す他のグループについても同様の結果が得られた。

3Dプリンタ造形物内部に磁性材を配合した微細領域を形成する

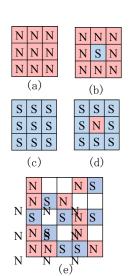


図4各領域の磁化方向

0.7	0.5	0.4		0.5	0.4	0.2	
0.5	0.5	0.5		0.4	0.2	0.5	
0.3	0.2	0.2		0.2	0.2	0.2	
(		(b)					
0.2	0.2	0.2		0.1	0.1	0	
0.2	0.3	0.2		0	0.3	0	
0.2	0.2	0.2		0.1	0	0.1	
(	(c) (d)						
0.5	0	0.2	2	0.5	0	.2	
0.5	0.5	0.:	5	0 0		0	
0.2	0	0.2	2	0.5	0	0.5	
0.5	0.2	0		0.5		0	
0.5	0.5	0.3	3	0.2	2 0.5		
(e)							

図 5 測定結果 (■:N、■:S、単位:G)

ことにより、造形物内部に書き換え可能に情報を埋め込むことが可能であることを確認で きた。

#### 5. 今後の計画

(1) 蛍光色素を用いた情報埋め込みの高密度化

近赤外線は樹脂を透過するが、透過中に散乱を受ける。この結果、パタンが深い位置にあれば撮像画像中のパタン像にボケが生じる。このボケはパタンの深さに応じて大きくなることから、パタン像のボケを解析することによりパタンの相対的な深さを知ることができる。これより、複数の深さにパタンを形成することにより、埋め込める情報量を増加できる可能性があり、来年度以降にその可能性を検討する。

(2) 磁性材配合樹脂による情報埋め込みの条件の明確化

H30 年度に実現性が確認できたので、フィラメントの作製条件やパタン形成条件など本方法の条件の最適化を図る。また、情報の書き込みや読み出しのためのリーダ・ライターの具体的なデバイス構造を検討する。

#### 6. 研究成果の発表

- [1] Piyarat Silapasuphakornwong、鳥井秀幸、鈴木雅洋、上平員丈、″近磁性材配合樹脂による 3D プリンタ造形物内への情報記録", 平成 31 年度電子情報通信学会総合大会予稿 (2019.3)
- [2] Hideo Kasuga, Piyarat Silapasuphakornwong, Hideyuki Torii, Masahiro Suzuki, Kazutake Uehira, "TECHNIQUE TO EMBED INFORMATION IN 3D PRINTED OBJECTS USING NEAR INFRARED FLUORESCENT DYE", Proc. of The 6th IIEEJ International Conference on Image Electronics and Visual Computing (2019.8) 採択決定

#### 謝辞

本研究でABS 樹脂に含有させた蛍光色素を提供して頂いたDIC 株式会社様に感謝致します。

## 高効率駆動機構を備えた自転車の最適化研究 - 駆動機構の評価および設計指針の導出 -

ロボット・メカトロニクス学科 高尾秀伸 (2019年5月27日)

#### 1. 研究の目的

高効率駆動機構を備えた自転車の最適化に関する基礎研究を行い,設計指針の導出を目指す.具体的には以下の2点について基礎研究を行う.

- 1)乗員の筋柔軟性と筋柔軟性とペダルストローク長が仕事率に与える影響
- 2)シート・サドルと高効率駆動装置との位置関係の最適化

#### 2. 研究の必要性及び従来の研究

自転車のペダルの従来型円軌跡は、径 340mm と通常の歩行時の歩幅に比べても余りにも小さすぎ、筋肉の伸縮長さが最適値であるとは言えない。そこで、最近国立研究開発法人産業技術総合研究所(産総研)においてこの仮説に基づきストロークの大きな駆動機構について検討した結果、円軌跡の大ストローク自転車駆動機構は従来型円軌跡(径:340mm)に比べて約2割のパワーアップが実現された。円軌跡の径を拡大した研究は、過去にも行われてきているが、このように大幅な向上に成功した例は国内外ともに見当たらない。その理由として、これまでの研究では乗員の筋肉柔軟性の向上による筋肉の内的仕事低減のファクタを考慮していなかったことが考察すなわち新たな仮説として挙げられる。この点については今後本格的な計測評価研究により立証する必要がある。しかし、産総研では乗員の身体負担および精神負担などの人間特性を得るための計測システムや評価ノウハウをもっていなかった。これに対して、申請者はこれまでの重点配分研究にて「ペダリング効率と快適性を両立するリカンベントトライク用バケットシートの人間中心設計」の研究を行い、独自の自転車運動効率測定・評価システムおよび評価手法の開発を行ってきた。これを用いて、実際に高効率なシート角度に関する知見を得ている。

#### 3. 期待される効果

当該研究を推進することにより、以下の成果を得る可能性がある.

- ・世界中の自転車の設計指針(電動アシスト、身障者用を含む)を乗員にとって、より快 適に速く走れるものに変え得る。
- ・自転車競技の世界記録を本研究によって得られる設計指針により更新できる可能性があ

る.

### 4. 研究の経過及び結果

<H30 年度の目標>

・シート・サドルと高効率駆動装置との位置関係の最適化

## 4.1 測定項目

リカンベント自転車 (PERFOMER 社: Toscana) を使用して以下の項目を測定した. また、ペダリング時の運動負荷を与えるため、自転車エルゴメータ (RaceMate 社: CompuTrainer) を用いた.

- 1) 踏力 踏力計(共和電業社:LPR-C)
- 2) 筋電位 (大腿直筋, 外側広筋, 半腱様筋, 大殿筋) 実験環境を図1に示す.



図1 実験環境図

#### 4. 2 実験条件

実験条件は、負荷 50W・150W の 4 試行.

片足,両足ともに 18mile/h (約 30km/h) 1 分半の走行する.被検者の踏み込み具合を同程度にするためリカンベント自転車のギア比を変更した (表 1).

表 1 各ペダリングのギア比 ペガリング ギアルム

片足ペダリング	ギア比 6
両足ペダリング	ギア比 9

## 4. 3 実験手順

実験を開始する前に被験者の MVC を測定する.

この測定では等尺性収縮の測定をするため、被験者を固定する人・物が必要となる.被験者を動かない椅子に座らせ、膝関節を 90 度で維持させる. その状態から全力で膝関節の屈曲・伸展動作を行わせる.

MVC 測定が終了したら、30 分以上の休憩を取らせる. リカンベント自転車に座らせ、筋

電計が座席に干渉しないか確認する. 自動代謝装置を装着し、安静状態で校正を取り実験を実施する. 自動代謝装置の仕様上、測定開始したあと1分間は安静にする. 1分後ペダリングを初めて目的の速度まで上げ、速度を維持した状態で、指定した時間漕ぎ続けさせる. 両足ペダリングの場合は引き戻しの関係上ペダルと足を固定する.

## 4. 4 実験協力者

実験協力者は心身ともに健康な男子大学生1名. 実験協力者に十分な睡眠をとらせ、食後1時間以上経過させる.

#### 4.5 筋電位の解析

筋電位の解析では、実験協力者および実験条件ごとに、安定したケイデンスでペダリングを行えていた区間のペダリング 10 秒間を抽出した. 抽出したデータは RMS 解析による平滑化を行い 1 回転ごとに%MVC 化した.

#### 4.6 結果および考察

10 秒間の仕事を行うために使用した力の力積を比較した. 解析に使用した 10 秒間をそれ ぞれ面積(力積)に変換し、比較を行った.

その結果,50Wでは片足ペダリングより両足ペダリングが41.6%減少し,150Wでは27%減少した(図2).同じ仕事量を行う際,両足ペダリングの方が踏力の観点からより少ない力で実施可能であることが判明した.これは片足ペダリングと比較して両足ペダリングの方が股関節のねじれが抑えられたと考えられ,力が回転方向や進行方向に向かないために,その力の伝達効率が上昇したものが一因として考えられる.

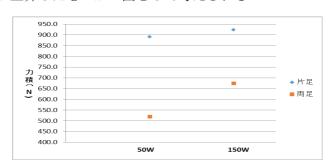


図 2 10 秒間の仕事を行うために使用したパワーの力積

#### 5. 今後の計画

今後は被験者数を増加して一般化に向けて引き続きデータ収集を行う。またケイデンスの影響、シート・サドルと高効率駆動装置との位置関係の最適化の検討を行う.

#### 6. 研究成果の発表

・阿部大亮, 奥山雄斗, 舘孝悦, 高尾秀伸, 片山遼介: 両足同時入力によるペダリングの

有用性の検討, 日本人間工学会第27回システム大会講演論文集, ヒトを測る5, 2019.

以上

## 住民組織活動を通じたソーシャルキャピタル醸成に関する研究

栄養生命科学科 原島恵美子

#### 1. 研究の目的

地域のつながりを強化し、ソーシャルキャピタル (SC) の水準を上げることで、地域全体の健康増進を図ることが求められている。本研究では、公共住宅団地の自治会とのパートナーシップにより、住民の交流拠点の場の提供や各種イベント等の開催の介入を SC の視点から分析し、地域の健康課題を解決することを目的とする。

#### 2. 研究の必要性及び従来の研究

健康づくりは、従来、個人の健康づくりへの取り組みが中心であったが、新たな方向性として、住民が楽しく主体性を発揮できる健康づくりの場の必要性が示されている。ロバート・パットナム(1993)は、SCを「人々の協調行動を活発にすることによって、社会の効率性を高めることのできる信頼・規範・ネットワークといった社会組織の特徴」と概念化した。この三要素が、関与者すべての共通目的を達成するための協調行動を導くとされる。わが国においても、2011年の東日本大震災以降、SCの重要性が強く認識され、人々のつながりが豊かであることが、情報や行動の普及や助け合い、規範形成を通じて健康に寄与する可能性が指摘されている。そのため、今後の地域づくりでは、社会資本としてSCの現状を把握し、存在する地域の社会資源を活用しつつ、その醸成までを視野に入れた活動が必要とされている。

#### 3. 期待される効果

本研究の成果は、わが国の健康づくりの目標である「ソーシャル・キャピタル(SC)の向上」、「多様な活動主体による自発的取り組みの推進」に寄与するものである。

#### 4. 研究の経過および結果

2006年より賃貸住宅団地の自治会関係者が懸念している,団地の建替えに伴う居住性向上が戻り入居高齢者の閉じこもりを助長しているのではないかという課題に,著者らが自治会とのパートナーシップにより介入してきた。これまでの研究により,「閉じこもり」の一次予防として,交流拠点の基盤づくり・場の提供や各種イベント等の実施など環境づくりへの取り組みが,自宅内に狭小化しやすい生活空間を屋外に向ける効果的な成果が得られている。2013年には,高齢者の自治会活動への参加状況と周囲との関わりについての質問紙調査の結果から,定期的な自治会活動への参加者は周囲との関わりがより強いことを確認した。当該調査から5年が経過し,団地の入居者の入れ替わりや周辺環境には大きな変化がみられる。そこで,改めて団地住民の自治会活動への参加状況や食生活と人と人

とのつながり等を把握するため、団地の全戸を対象に、留置き法による無記名自記式質問紙調査を実施した(配布数 1446、回収率 42.6%、有効回答率 96.1%)。回答指定は、主に家事を担っている 20 歳以上の男女とし、調査項目は基本属性、食生活状況、自治会活動の参加状況、地域のつながりの全 29 項目とした。調査結果の集計及び解析には IBM SPSS Statistics 24 を用いた。

#### 1) 基本属性

回答者の内訳は男性 22.2% (n=131), 女性 77.8% (n=460) であった (表 1)。 世帯構成は, 1 人暮らし 44.9%, 夫婦のみ 30.3%, 親と子 21.9%であり,居住歴は,30 年以上の長期居住者 48.1%,10 年未満 35.1%であった。暮らし向きは、74.9%が経済的には心配なく暮らしていた。身体状況は、BMI25 以上の肥満者 15.1%,18.5 未満のやせ者が 6.3% みられ、健康状態は 77.4%が良好であると回答した。

		7137 🖺 🕶 💻	1 71-31-			
項目		<b>男性</b> (n=13	1)	女性	(n=4	60)
年齢	(歳)	71.4 ±	15.0	71.1	$\pm$	14.8
団地居住年数	(年)	$24.6 \pm$	20.4	26.6	$\pm$	20.9
身長	(cm)	$165.5 \pm$	7.4	153.0	$\pm$	6.0
体重	(kg)	$60.9 \pm$	10.6	50.5	$\pm$	8.1
BMI	$(kg/m^2)$	$22.2 \pm$	3.2	21.6	$\pm$	3.3

表 1 対象者の基本属性

#### 2) 食生活状況

共食の頻度は、「ほとんどいつも誰かと一緒に食べている」は男性 33.8%、女性 36.8% であったが、男性 25.4%、女性 12.6%が「誰とも一緒に食べていない」と回答した。バランスの良い食事の指標である、「1 日 2 回以上の主食・主菜・副菜を組み合わせた食事」は、「ほぼ毎日」が男性 60.0%、女性 75.8%、「週に 4~5 回」は男性 21.5%、女性 16.1%、「ほとんどない」は男性 3.8%、女性 1.8%であった。また、男性 29.4%、女性 24.3%が、栄養のバランスがとれていないことを困りごとにあげた。食事は、「非常に楽しみである」が男性 12.4%、女性 24.8%、「まあ楽しみである」は男性 68.2%、女性 67.7%、「あまり楽しみでない」は男性 15.5%、女性 6.6%、「楽しみでない」は男性 3.9%、女性 0.9%であった。現在の食生活に男性 75.2%、女性 89.2%が満足していた。

#### 3) 自治会活動への参加状況

何れの活動にも参加していない者(非参加者)は39.8%であった(図1)。年1回開催される夕涼み会は、居住年数にかかわらず多くの住民が参加していた(41.1%)。定期活動の上位は喫茶室31.6%、映画鑑賞会18.6%、料理教室7.8%であった(複数回答)。

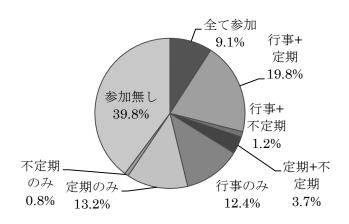


図1 自治会活動の活動種別参加状況

#### 4) 地域のつながり

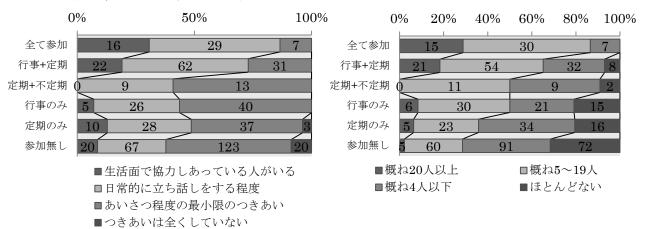
日頃のつきあいや面識・交流のある人数、助け合いの経験は、長期居住者で高かった。住民の信頼は、男女ともに「団地住民を信頼している」が8割を占めたが、男性46.0%、女性33.6%が「団地住民から信頼されていない」と感じていた。住民のネットワーク指標である日頃の付き合いは、「生活面で協力し合っている人がいる」男性2.3%、女性16.0%、「立ち話程度の付き合い」男性25.6%、女性43.0%、「あいさつ程度の最小限の付き合い」男性62.8%、女性38.6%、「全くしていない」男性9.3%、女性2.4%であった。付き合いのある人数は、「概ね20人以上」男性2.3%、女性11.3%、「5~19人」男性23.3%、女性40.9%、「4人以下」男性41.9%、女性31.6%、「ほとんどと面識・交流がない」男性32.6%、女性16.2%であった。住民の互酬性の規範の指標である助け合いは、「団地住民は団地内の問題に協力して解決しようとすると思う」割合が男性38.6%、女性46.9%であった。また、「団地内の誰かが助けを必要としたときに、だれかが手を差し伸べることをいとわない」は、男性76.4%、女性80.7%が「そう思う」と回答した。一方、実際の助け合いの経験があるのは、約2割であった。

全27種の自治会活動を行事、定期、不定期活動に分類し、参加状況とSCの基本構成要素である信頼、互酬性の規範、ネットワークについて解析を行ったところ、有意な差が認められた。自治会の行事と定期および不定期の何らかの活動に参加している住民、行事と定期の活動に参加している住民は、住民たちから向けられている信頼度、団地住民との交流の程度、交流のある人数、住民同士の助け合いの経験が高値であった。一方、定期と不定期の活動に参加している住民、行事のみの参加、定期のみの参加、自治会活動に全く参加したことがない住民では、SCの全ての項目において否定的であった(図2)。このことから、自治会活動を通じて、地域のつながりを強化するためには、年中行事と定期の活動の双方に参加してもらう工夫が必要であると考えられた。

#### 自分からみた団地住民への信頼度\* 団地住民からみた自分への信頼度\* 20% 40% 60% 0% 20% 40% 60% 80% 100% 0% 80% 100% 全て参加 9 40 3 全て参加 39 行事+定期 83 11 76 27 91 行事+定期 定期+不定期 2 $\overline{17}$ 定期+不定期 10 行事のみ 55 9 行事のみ 6 45 定期のみ 60 定期のみ 10 45 参加無し 参加無し ■とても信頼している ■とても信頼している ■信頼している ■信頼している ■あまり信頼していない ■あまり信頼していない

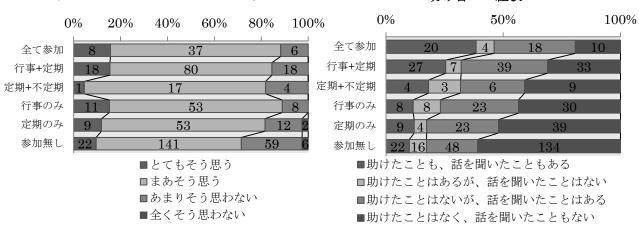
## 団地住民との日頃の付き合い\*

## 団地内でお付き合いのある人数\*



#### 住民は団地内の問題に協力して解決\*

#### 助け合いの経験\*



\*p<0.01 (χ²検定)

図 2 自治会活動檀家状況とソーシャル・キャピタル (SC) の 3 要素

## 5. 今後の計画

今後も、様々な世代や居住歴の住民が参加するイベントを展開し、住民のネットワークを拡大することで SC の醸成を図る。また、近い将来の発生が予想されている巨大地震や大規模な自然災害に備え、地域コミュニティの災害対応力の強化は喫緊の課題である。当該団地における「地震などの災害時の食生活」についての実態を把握し、災害に備えた食料や飲み水の備蓄についての周知徹底、対象に合せた食の確保等、食生活面からの災害対策について検討を行う計画である。

### 6. 研究成果の発表

学会発表

原島 恵美子,辛島 順子:住民主体の健康な地域づくり活動の取り組み―活動への参加と地域とのつながりの状況. 第65回日本栄養改善学会学術総会講演要旨集,朱鷺メッセpp.308 (2018.9)

この研究は、神奈川工科大学のヒトを対象とした研究に関わる倫理審査委員会で承認されたもの(承認番号 20170403-13)である。

## カンピロバクターバイオフィルムに対する焼成ホタテ貝殻粉末の殺菌効果

研究者名:栄養生命科学科 澤井 淳

#### 1. 研究の目的

我が国の細菌性食中毒において、カンピロバクター食中毒の発生件数は 2002 年から 2017 年まで 1 位 (厚生労働省食中毒統計調査、 2018 年はアニサキス食中毒が発生件数 1 位) であり、その対策は食品衛生上重要な課題である。カンピロバクターはバイオフィルム(以下 BF)形成菌であるが、現状として食中毒防除、特に BF 状態に関する研究が少ないことから、それらの研究の必要性は高い。

焼成ホタテ貝殻粉末(以下 HSSP)は、細菌の栄養細胞、耐熱性芽胞および真菌に対して高い抗菌活性を発揮することがわかっており<sup>1)</sup>、食品添加物(既存添加物)として認められている。また、微生物の多くは、環境中では BF の状態で存在している。そこで、本研究は、HSSP のカンピロバクターBF に対する殺菌効果について検討することを目的とする。

#### 2. 研究の必要性及び従来の研究

HSSP の食品保存への研究は、近年活発に行われている  $^{2,3}$ )。HSSP は幅広い抗菌スペクトルを有し、大腸菌  $^{4}$ )、サルモネラ属菌  $^{5}$ )、黄色ブドウ球菌  $^{6}$ 、リステリア菌  $^{7}$ の BF の殺菌・除去に有効である事が報告されている。しかし HSSP のカンピロバクターおよびその BF に対する抗菌活性の報告は極めて少ない。上述したように、カンピロバクターは BF 形成菌であり、しかも少量で食中毒を引き起こし、発生件数も多い。したがって、カンピロバクターBF に対する HSSP の作用の検討が求められている。

#### 3. 期待される効果

本研究の結果により、HSSPによりカンピロバクターBFの殺菌が可能であれば、カンピロバクター食中毒の主な原因食品である鳥肉にHSSP処理が応用できる可能性があり、HSSPの使用範囲の拡大が期待できる。

#### 4. 研究の経過及び結果

#### 4.1 実験方法

供試菌として Campylobacter jejuni ATCC 29428 を使用した。約  $10^4$  CFU/mL に調製した菌液を CCDA 培地に塗布し、培養(微好気条件,  $37^{\circ}$ C, 48 h)した。形成したコロニー上にニトロセルロース膜をのせ、セルロース膜表面に BF を形成させた(以下 BF 膜)。シャーレに所定濃度の HSSP スラリー20 mL を加え、BF 膜を浸漬処理した。処理後の BF 膜をリン酸緩衝溶液で 2 回洗浄した。ストマッカー処理(1 min×3)行い、CCDA 培地で培養(微好気条件,  $37^{\circ}$ C, 48 h)した。発生したコロニーをカウントし、BF 膜中の生菌数

を求めた。HSSP スラリーと同 pH に調製した NaOH 処理による実験も同様に行った。 なお、HSSP 処理および NaOH 処理前後の BF 膜は、デジタルマイクロスコープによる 観察を行った。

浮遊菌状態の菌に対する HSSP の作用についても検討した。所定濃度に調製した HSSP スラリーを 10 mL 加え、約  $10^6 \text{CFU/mL}$  とした菌液を添加し所定の時間ごとに 0.1 mL ずつサンプリング後、微好気条件で培養 $(37^{\circ}\text{C}, 48 \text{ h})$ し、発生したコロニーをカウントし、生菌数を求めた。

#### 4.2 結果及び考察

HSSP 処理後の BF 中の C. jejuni の菌数は、 $1.0 \, mg/mL$  の場合、 $5 \,$ 分で約  $1 \,$ オーダー減少し、検出限界以下(以下 N.D.)になるには  $30 \,$ 分の処理が必要であった(Table 1)。一方、浮遊菌状態の C. jejuni では、同じ  $1.0 \, mg/mL$  の  $30 \,$ 秒処理で N.D. となり(Table 2)、BF 状態の C. jejuni は浮遊状態より著しく耐性が増大することが確認された。  $10 \, mg/mL$  の処理では BF であっても  $2 \,$ 分後には N.D. となり、HSSP スラリー濃度の増加に伴い処理効果は増大した。HSSP によりカンピロバクターBF の殺菌が可能であることが示唆された。また  $1.0 \, mg/mL$  の HSSP スラリー(pH 12.4)と同 pH の NaOH 処理では、 $30 \,$ 分後でも菌が検出され、HSSP は pH 以外にも抗菌要因を有すると考えられる

Table 1 HSSP スラリーの C. jejuni BF に対する殺菌効果 処理 生菌数 (log<sub>10</sub> CFU/mem.) 時間 Cont. 1.0 mg/mL10 mg/mL [min] 0  $6.5\pm0.0$  $6.2\pm0.0$  $6.2 \pm 0.0$ 1  $3.0\pm1.5$ 2 N.D. 5  $6.4\pm0.1$  $4.9 \pm 0.8$ N.D. 10  $3.4 \pm 0.8$ 20  $1.8 \pm 0.8$ 30  $6.4\pm0.0$ N.D.

N.D.: 検出限界以下 (<10 CFU/mL, <10 CFU/mem.)

Table 2 HSSP スラリーの浮遊状態の C. jejuni に対する殺菌効果

処理時間	生菌数(log <sub>10</sub> CFU/mL)				
[s]	Cont.	0.1  mg/mL	1.0mg/mL		
0	$6.6 \pm 0.0$	6.2±0.0	6.4±0.0		
30	$6.6 \pm 0.0$	4.7±0.0	N.D.		
60	6.3±0.0	4.5±0.1	N.D.		

デジタルマイクロスコープ観察では、HSSP 処理後 N.D.となった BF 膜と NaOH 処理の ものと比較して、BF の形状が著しく崩れていることが分かった(Fig. 1)。

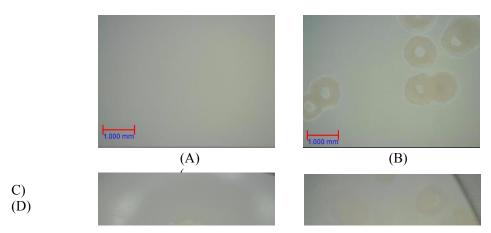


Fig. 1 デジタルマイクロスコープによる HSSP 処理後の様子

- (A) 未処理のセルロース膜表面
- (B) カンピロバクターBF (未処理)
- (C) 処理後に検出限界以下となった膜 (HSSP 処理)
- (D) 処理後に検出限界以下となった膜 (NaOH 処理)

#### 5. 今後の計画

C. jejuni がニトロセルロース膜の厚さをどの程度まで浸透して BF を形成できるのか検討する必要がある。浸透距離が判明することで、生肉表面からどれぐらいの深さで生息しているのか、どの深さまで殺菌効果が及ばないといけないのかが明らかとなる。さらに、実際の生肉を用いた HSSP 処理を行う必要がある。

#### 6. 研究成果の発表

佃春香、冨田和寿、澤井淳、和田理性:カンピロバクターバイオフィルムに対する焼成ホタテ貝殻粉末スラリーの殺菌効果.日本防菌防黴学会第45回年次大会、2P-Cp56,東京、タワーホール船堀(2018.11).

## 文献

- 1) Sawai, J.(2011) Antimicrobial characteristics of heated scallop shell powder and its application. *Biocontrol Science*, **16**, 95-102.
- 2) Ahmed, A., Zaman, S., Ahmed, R., Udedin, N., Acedo Jr., A., Bari, L. (2017) Effectiveness of non-chlorine sanitizers in improving the safety and quality of fresh betel leaf. *LWT- Food Science and Technology*, **78**, 77-81.
- 3) Kao, C. Y., Huang, Y. C., Chiu, S. Y., Kuo, K.L., Hwang, P. A. (2018) Bacteriostatic Effect of

- a Calcined Waste Clamshell-Activated Plastic Film for Food Packaging. Materials, 11, 1370.
- 4) Kubo, M., Ohshima, Y., Irie, F., Kikuchi, M. and Sawai, J.(2013) Disinfection treatment of heated scallop-shell powder on biofilm of *Escherichia coli* ATCC 25922 surrogated for *E. coli* O157:H7. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, **4**, 10-19.
- 5) 永沢幸治郎、菊地幹夫、澤井淳 (2011) サルモネラ属菌バイオフィルムに対する焼成ホタテ貝殻粉末の除菌特性. 防菌防黴, **39**, 587-594.
- 6) Sawai, J., K. Nagasawa, K. and Kikuchi, M.(2013) Ability of heated scallop-shell powder to disinfect *Staphylococcus aureus* biofilm. *Food Science and Technology Research*, **19**, 561-568.
- 7) Bodur, T., Cagri-Mehmetoglu, A. (2012) Removal of Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus and *Escherichia coli* O157: H7 biofilms on stainless steel using scallop shell powder. *Food Control*, **25**, 1-9.