神奈川工科大学

ヒューマンメディア研究センター
研究成果報告

第12号
平成28年度

神奈川工科大学

工学教育研究推進機構

ヒューマンメディア研究センター
平成 28 年度研究成果報告の発刊に際して

研究代表者：情報ネットワーク・コミュニケーション学科　井上哲理

ヒューマンメディア研究センターでは，情報メディアについて，メディア技術，ヒューマンファクタ，そしてメディア応用をプロジェクトの中心テーマとしている．そこでは，システム技術，ソフトウェア技術，ネットワーク技術，メディア表現技術を駆使して，自然なコミュニケーションを可能とするシステム，あるいは人間にとって自然な形で情報を提供できるメディアについて基礎研究，応用研究を行っている．研究メンバーは，情報通信分野やメディア制作の研究者に加えて，応用面からは工学分野やバイオ・栄養科学分野の研究者も参加・協力している．

基礎研究では，立体映像メディアの表示処理技術，仮想空間に対する人間の特性やインタフェースの研究，流体力学に基づく流れの高精度なシミュレーション，サウンドを使った空間提示の研究を行っている．応用研究では映像や音響情報を組み合わせたメディア，それらの栄養管理やストレス評価などの研究が実施されている．

本研究センターは平成 17 年度に開設され研究をスタートさせた．当初は文部科学省・学術フロンティアの採択研究「次世代ヒューマンメディアをコアとする共生共創コミュニケーションシステムの研究」の実施組織として研究を推進して，平成 21 年度にこのプロジェクトは終了した．次に平成 23 年度～25 年度に研究プロジェクト「次世代ヒューマンメディアを活用した体験・体感型学習支援技術の研究」を実施した．ここでは，「立体表現メディア技術」，「仮想空間入出力メディア技術」などの次世代ヒューマンメディア技術を学習・訓練場面に効果的に応用することをめざして，対象や環境への直接体験に近い感覚を得られる学習コンテンツを提案してきた．さまざまな研究成果が得られ，その一部であるモーションキャプチャ基盤システムと音響研究の一部は実用開発段階へと発展した．平成 26 年度からは，各研究員がそれらの研究を継続しつつ，次なるプロジェクトのテーマを探す研究を進めることとなった．

今年度（平成 28 年度）も，従来からの研究テーマを個々の研究員が継続して研究を行うとともに，次のプロジェクト研究に向けたテーマや課題について検討を行った．本研究成果報告書は，その中で得られた知見等をまとめたものとなる．

研究プロジェクトメンバー

研究代表者

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

研究メンバー

氏　名	所属・職位等	役割分担
井上　哲理	情報学部・情報ネットワーク・コミュニケーション学科・教授	全体統括 仮想空間での評価
上平　員丈	情報学部・情報ネットワーク・コミュニケーション学科・教授	３次元インタラクションの基礎研究
谷中　一寿	情報学部・情報メディア学科・教授	3 次元コンテンツ提示法の研究
服部　元史	情報学部・情報メディア学科・教授	3DCG コンテンツ作成法の研究
高尾　秀伸	創造工学部・ロボットメカトロニクス学科・教授	仮想環境評価の脳機能面での基礎研究
田中　博	情報学部・情報工学科・教授	動作認識のヒューマンメディアへの応用研究
小島　一成	情報学部・情報メディア学科・准教授	生体計測のヒューマンメディアへの応用研究
吉野　和芳	創造工学部・ロボットメカトロニクス学科・教授	訓練コンテンツ作成法の研究
西口　磯春	情報学部・情報メディア学科・教授	サウンド提示の感性への効果の研究
黒川　真毅	情報学部・情報メディア学科・准教授	サウンドの空間認知への影響評価
澤井　淳	応用バイオ科学部・栄養生命科学科・教授	ヒューマンメディアの管理栄養教育への応用
原島　恵美子	応用バイオ科学部・栄養生命科学科・准教授	栄養教育へのヒューマンメディアの応用
澤井　明香	応用バイオ科学部・栄養生命科学科・准教授	ヒューマンメディア利用時のストレス評価

目　　次

(1)　デジタルファブリケーションにおける違法造形防止技術に関する研究
上平　員丈　1
(2)　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
谷中　一寿　5
(3)　陽解法で圧力を計算する粒子法 MPS の状態方程式に対する検討
服部　元史　9
(4)　広視野 HMD を用いた仮想トレーニング環境に関する基礎研究
井上　哲理　11
(5)　体型指数が味覚感受特性および味覚嗜好性に与える影響の研究
高尾　秀伸　13
(6)　スマートフォンが送受可能な非可聴音を用いた
田中　博　17
(7)　リステリア菌と緑膿菌の低温混合培養で形成したバイオフィルムの特性
澤井　淳　21
(8)　高齢者の食を介した閉じこもり予防・支援プログラムの展開と
健康な地域づくり活動支援に関する研究　原島恵美子　25
(9)　中高年を対象としたストレス・カロリー計の精度検証および生活習慣病
関連検査項目との関係性について　澤井　明香　29

デジタルファブリケーションにおける違法造形防止技術に関する研究

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

本研究の目的は、デジタルファブリケーションにおける違法な造形の防止技術を開発することである。この目的達成ため、本研究期間においては、3D プリンタで造形される物体の内部に著作権情報を埋め込むことにより著作権を保護する技術の実現性を明らかにする。

２．研究の必要性及び従来の研究

近年、デジタルデータである 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。なかでも 3D プリンタは、個人でも購入可能な安価な機種が発売されるようになっており、今後はオフィスや学校はもとより一般家庭にまで広く普及していくと予想される。3D プリンタが自宅にあれば、インタネットなどを介して 3D モデルデータを購入し、自宅で「もの」としての商品を製造することが可能になる。このためインタネット上で 3D プリンタ向けのデジタルデータを販売するサイトが増えつつある。しかし、デジタルデータは簡単にコピーでき、入手すれば 3D プリンタでだれでも簡単に「もの」をいくつでも作れるので、3D プリンタ向けのコンテンツビジネスを発展させるには、従来のデジタルコンテンツの場合と同様に違法コピーや不正使用を防止するための著作権保護技術が不可欠となる。

従来、デジタルコンテンツの著作権を保護する技術として、電子透かし技術をはじめ種々の技術が開発されているが、いずれも不正が疑われるデジタルコンテンツに対し、デジタル処理を施して不正か否かを判定するものである。これに対して、3D プリンタ向けの 3D モデルデータの場合は、データを購入するものの、ユーザが最終的に入手するのは、そのデータから造形した実物体であるので、従来のデジタルコンテンツ用の技術を適用することはできない。すなわち、最終出力として実物体が製造される場合の 3D モデルデータの著作権保護技術が必要となる。しかし、そのような技術は未だ存在せず今後の開発が課題となっている。

３．期待される効果

「もの」づくりや物流に変革をもたらすと期待されている 3D プリンタを発展させる上で 3D モデルデータの著作権問題は避けて通れない課題であり、本技術はこの課題を解決できるため、3D プリンタの普及・発展に貢献するという効果が期待できる。さらに、実物体ベースの情報ハイディングという新しいコンセプトに基づく応用分野開拓の可能性を提供するという点においても効果は大である。

４．研究の経過及び結果

本研究で提案した 3D モデルデータの著作権保護技術の基本コンセプトを図 1 に示す。3D モデルデータに著作権情報を含めておき、3D プリンタで造形物が造形される際に、造形物内部に著作権情報に基づいて微細構造が形成される。その構造が著作権情報を表現するようにして造形物内部に著作権情報を埋め込む。そして、必要に応じて外部から非破壊で著作権情報を読み出せるようにすることで不正な造形を抑止する。

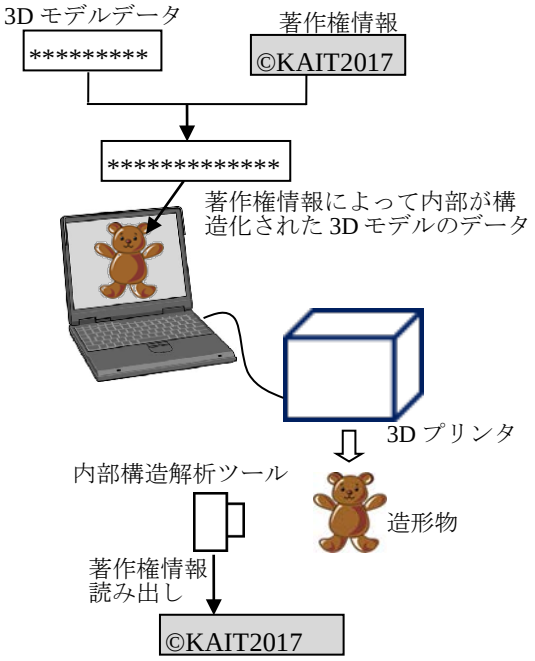


図 1　提案技術の基本コンセプト

内部構造化の一例を図 2 に示す。造形物内部に微小領域を形成し、微小領域が所定の位置に存在するか否かで 2 値情報表現する。前年度はこの微小領域を表面に近い位置に空洞として形成し、表面加熱時に表面の温度分布がこの空洞配置に依存することを利用してサーモグラフィーで内部から情報を読み出す方法を検討しその実現性を確認した。

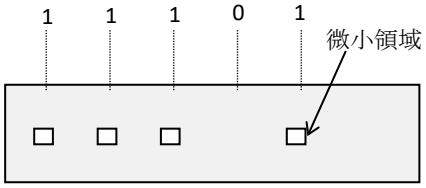


図 2　造形物内部の構造化の例

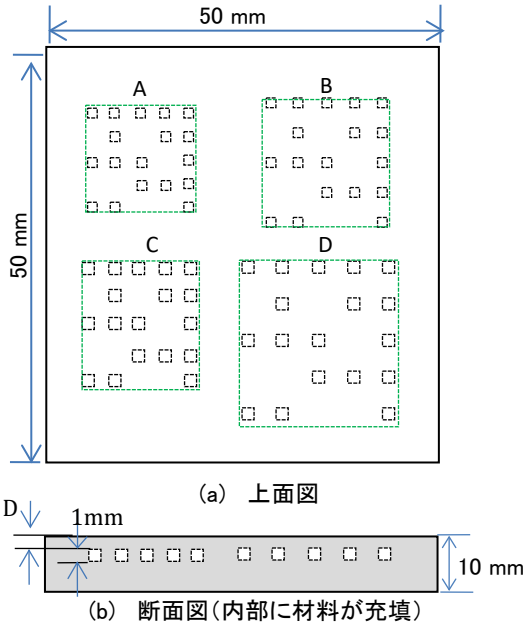
平成 28 年度は、内部構造を近赤外線カメラで解析する方法を検討した。本研究では普及タイプの熱溶解積層方式の 3D プリンタの使用を前提とし、このタイプの 3D プリンタで使用されるプラスチック系材による造形物を対象とした。プラスチック系材の多くは近赤外線に対して高い透過率を示す。したがって、近赤外線を照明光として用いて造形物を近赤外線カメラで撮像すれば内部構造を撮像できると期待できる。

近赤外線カメラを用いる方法を実験により検証した。図 3 に製作した試料のレイアウトを示す。造形物の母体は青、赤、緑、黄のポリ乳酸（PLA）樹脂を用いて形成し、内部の微小領域は白の PLA で形成した。ここでは、造形物の内部全体に材料が充填されているタイプ（図 3(b)）と外殻のみ形成し内部は空洞としたタイプ（図 3(c)）の 2 種類の試料を用意した。後者の試料では図 3(c)に示すように外殻の内側に微小領域を形成した。微小領域の適切なサイズを明らかにするため、図 3 に示すようにサイズが異なる 4 種類のグループ A~D を形成した。微小領域はグループごとに 5 x 5 の所定の位置に形成されている．なお，点線で示される位置には形成されていない．この試料では，所定の位置に微小領域が存在するか否かを近赤外線カメラで撮像した画像から判定できるかを評価した。図 4 に撮像時のカメ

ラ、光源、試料の配置を示す。図 4 に示すように反射像と透過像を撮像した。微小領域は近赤外線に対しても反射率の高い白の PLA で形成されているために、反射像では明るく写り、透過像では暗く写ると予想されるので微小領域の有無を判定できると期待される。なお、カメラには、900nm~1700nm の近赤外線に感度を有する InGaAs 近赤外線カメラ（画素数は 640×512 ）を用いた。

図 5 に撮像した画像の例を示す。これらは、母体の PLA が青で表面からの深さ（または外殻の厚み）が 2mm の試料に対する画像である。図 5 から、2 つのタイプの試料ともに透過像、反射像において、サイズが 2mm x 2mm の微小領域が確認できる。サイズが 1mm x 1mm の微小領域は内部が空洞のタイプの試料の反射像では明瞭に映っているが、他の画像では明瞭に映っていない。ただし、多少の濃淡は確認できるので画像処理により検出が可能になると予測される。

以上の結果から、近赤外線カメラによる情報読み出し法の実現性を確認することができた。



	w	s
Group A	1	1
B	1	2
C	2	1
D	2	2

(mm)

w: 微小領域のサイズ
S: 微小領域間のスペース

図 3 試料のレイアウト

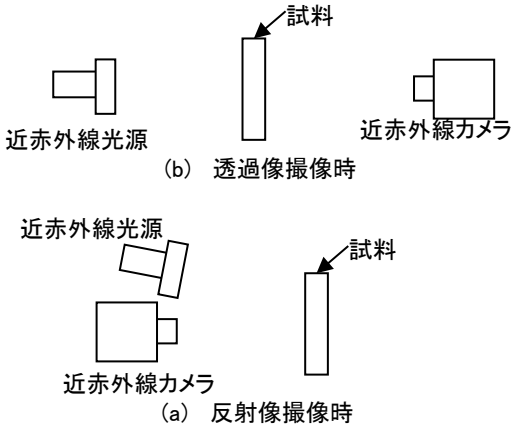


図 4 撮像時の配置

５．今後の計画

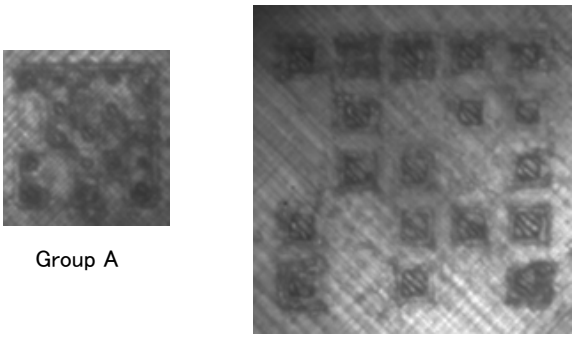
（1）微小領域の最適材質検討

今回の研究では微小領域を近赤外線に対して反射率が高い白の PLA を用いたが他の材料についても検討する。

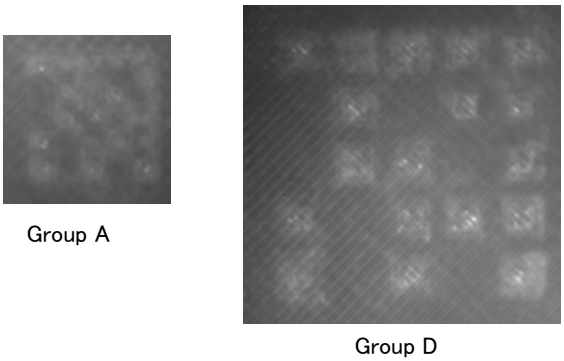
（2）プラスチック系以外の材料での実現性を評価

業務用などで使用されている金属、ナイロン、石膏などの材料で造形された物質について、内部の構造化の可能性とサーモグラフィーによる読み出し法の適用性を明らかにする。

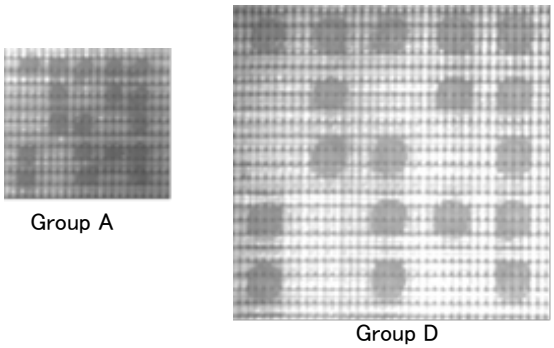
(3) 新規応用の開拓



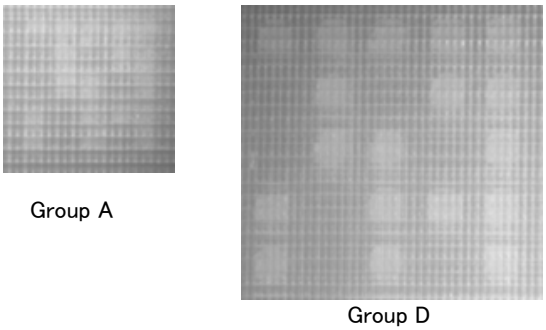
(a)　内部に材料が充填されている試料（透過像）



(b)　内部に材料が充填されている試料（反射像）



(c)　内部に材料が充填されていない試料（透過像）



(d)　内部に材料が充填されていない試料（反射像）

図 5　近赤外線画像の例

著作権保護以外の新たな応用を創出する。

６．研究成果の発表

[1] 中村耕介、松本知久、鈴木雅洋、鳥井秀幸、上平員丈、″ 3D プリンタ造形物への高反射率材料による情報埋め込みと近赤外線撮像による情報読み出し”, 電子情報通信学会画像工学研究会予稿、 (2017.6)

[2] Kosuke Nakamura, Masahiro Suzuki, Hideyuki Torii, Kazutake Uehira, Youichi Takashima, “Embedding and Detecting Pattern in a 3D Printed Object”, Proceedings of the Ninth International Conferences on Pervasive Patterns and Applications, (2017.2)

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

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，実用化はかなり先と考えられてきた。その理由の一つは，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ことがある。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。

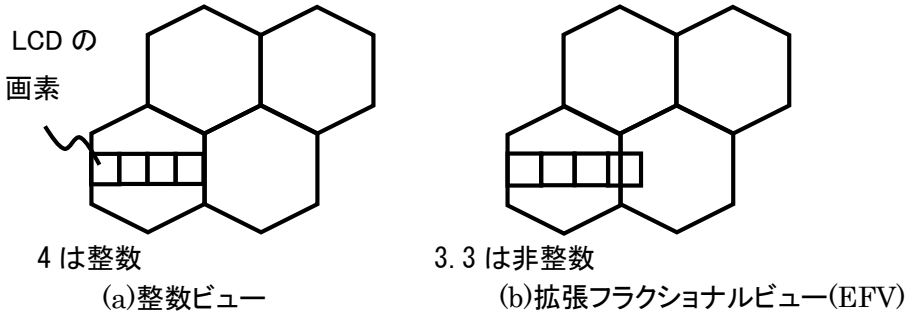


図１　整数ビューと拡張フラクショナルビューの違い

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 28（2016）年度には，以下のような進捗があった。

４．１　斜め直交レンチキュラーレンズを用いた IP[1]

IP にハードウェアは，液晶ディスプレイ（LCD）のような高精細フラットパネルディスプレイ上にフライアイレンズを置くことによって容易に構成することができる。高精細 LCD の価格は生産技術の進歩に伴い低下しているが，フライアイレンズ製造の初期コストは非常に高いままである。EFV 方式によって任意の既製のフライアイレンズと任意の既製の LCD との組み合わせが可能にはなった。しかし，数十インチといった大画面の場合，そのような大型のフライアイレンズの既製品が存在しない問題がある。2 枚のレンチキュラーレンズを互いに直交するように重ねると，まるで 1 つのフライアイレンズのように機能するとことは既に知られている。フライアイレンズとは異なり，レンチキュラーレンズは，大型 3D 看板などに応用されているため，既製品が市販されている。しかしながら，直交レンチキュラー方式においても，LCD の画素とレンチキュラーレンズとの間の干渉によって目障りなモアレパターンが生ずる問題ある。そこで本研究では，直交レンチキュラーレンズを LCD に対してわずかに傾斜させることによってこの問題を解決した。

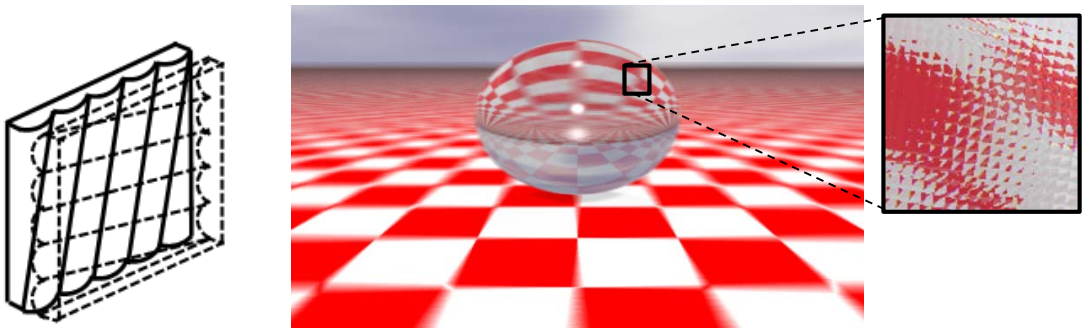
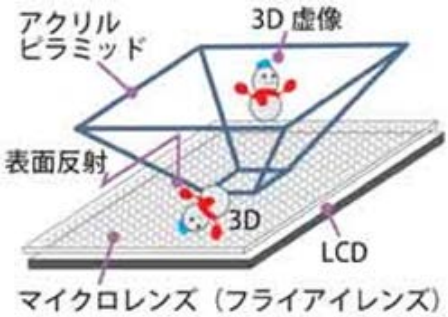


図 2　斜め直交レンチキュラーレンズ（左）と IP 画像（右）

４．２　IP を用いたホログラフィック・ピラミッド[2]

このメディア・アート作品は，透明アクリル板でできたピラミッド（四角錐）の中で，雪だるまが降雪を喜んでジャンプしている様子を，CG アニメーションで表現したものである。従来のホログラフィック・ピラミッドでは，普通の 2D ディスプレイの画像をハーフミラーで反射させているので，表示される物体も 2D となり平面的で奥行き感がなかった。この点では 3 次元空間に置かれていてもそれ自体は 2D である看板に似ている。これに対し今

回の作品では，2D のディスプレイではなく，IP 方式の 3D ディスプレイを用いている。従って表示されているそれぞれの物体が 3D になるので，雪だるま自体が立体的に見える。それに加え，雪が，雪だるまの手前や奥を含む，ピラミッド内全体に振っているように見える。



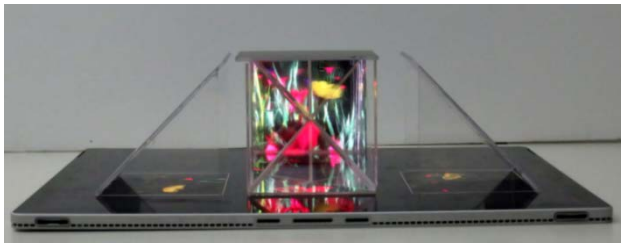
(a) ホログラフィック・ピラミッドの構成

(b) ホログラフィック・ピラミッドの外観

図 3　IP を用いたホログラフィック・ピラミッド

４．３　１つのフラットパネルディスプレイを用いた 4 プレーン DFD[3]

2004 年に陶山らが提案した DFD（Depth-fused 3D）ディスプレイは，オブジェクトが実際には 2 つの平面のそれぞれに描かれているにもかかわらず，両者の輝度の比率を変えると，オブジェクトがあたかも 2 つの平面の途中のどこかに位置するように見えるユニークな裸眼立体画像表示方式である。もし平面の数を 3 以上に増やせば，より広範囲の奥行き表示が可能だが，平面ごとに別なフラットパネルディスプレイ（Flat Panel Display：FPD）を使用すると，装置が大型化し高価になってしてしまう問題がある。そこで単一の FPD の異なる部分に平面を表示し，ミラーおよびハーフミラーを使用して光学的に画像を合成する方式を提案する。そのため，3 つのハーフミラーを一体化した独自の立方体型のハーフミラーシステムを作成した。この光学部品は，4 つの方向，すなわち，右，左，後ろ，および底面から来た光を集めて，ユーザーがいる前方に照射する機能を有する。



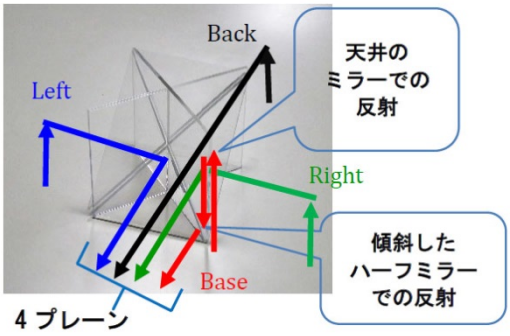


図 4　4 プレーン DFD の外観と，立方体型のハーフミラーシステム

４．４　スマートフォンを用いた両眼視差のあるビデオシースルー方式 MR [4]

複合現実ではビデオシースルー方式のヘッドマウントディスプレイが広く使われているが，それらは大型で高価であり，パーソナルコンピュータが別途必要なので屋外での使用に適さない。そこで本研究ではスマートフォンを用いて小型かつ安価で，屋外でも使用できるシステムを開発した。スマートフォンのカメラに 3D プリズムを取り付け，左目・右目用映像を同時に入力した。それらの画像をゲームエンジン Unity 内で平面上に表示し，その手前にコンピュータグラフィックスで制作された左目用・右目用キャラクタを配置し，両方を同期してアニメーションさせた。そのシーンを Unity 内の仮想的なカメラで撮影し，スマートフォンの画面に表示した。VR ゴーグルにセットして観察したところ，両眼視差のある実写映像の手前に両眼視差のあるキャラクタが存在するかのような複合現実が観察された。

図 5　マートフォンを用いた両眼視差のあるビデオシースルー方式 MR

５。研究成果の発表

[1] Kazuhisa Yanaka, Takuya Nomura, Toshiaki Yamanouchi: Extended Fractional View Integral Photography Using Slanted Orthogonal Lenticular Lenses, Proceedings of the 2nd World Congress on Electrical Engineering and Computer Systems and Science (EECSS'16) Budapest, Hungary, August 16–17, 2016, Paper No. MHCI 112.

[2] Toshiaki Yamanouchi, Nahomi Maki, Kazuhisa Yanaka: Holographic Pyramid Using Integral Photography, Proceedings of the 2nd World Congress on Electrical Engineering and Computer Systems and Science (EECSS'16) Budapest, Hungary, August 16-17, 2016 , Paper No. MHCI 109.

[3] Suguru Gocho, Toshiaki Yamanouchi, Teluhiko Hilano, Kazuhisa Yanaka: Four-plane depth-fused 3D display using single flat panel display, SIGGRAPH Asia 2016 Posters, Article No. 13, December 05 - 08, 2016.

[4] 藤丸 省吾，秋山 一輝，山内 俊明，谷中 一寿：スマートフォンを用いた両眼視差のあるビデオシースルー方式 MR，画像電子学会第 280 回研究会 in 長崎予稿，16-03-23，pp. 131-135 （2017 年 3 月 10 日発表）.

陽解法で圧力を計算する粒子法 MPS の状態方程式に対する検討

研究者名：情報メディア学科　　服部 元史

１．研究の目的

流体が変形運動する流れの現象を数値計算するにあたり、流体の質量密度を状態方程式に与えて圧力分布を計算する 陽解法の粒子法 Moving Particle Simulation に注目した。分子レベルからの統計物理学に基づいて考察すると、流体の圧力分布と質量密度との関係は状態方程式によって規定さるハズである。

近似的に非圧縮な流体とみなせる液体の流れを 非圧縮 Navier-Stokes 編微分方程式に基づいて数値計算する工学研究の成果は、産業界で広く活用され 実用的な成果を上げている。しかし液体といえども本来は圧縮性を有している事実を直視する統計物理学の立場からは、流体の質量密度を状態方程式に与えて圧力分布を計算する陽解法 MPS の方が理論的に正当である。

そこで陽解法 MPS で圧力分布を計算するために、流体の状態方程式を適切に設定する方法に対して研究を実施した。

２．研究の必要性及び従来の研究

砕ける波・飛び散る飛沫など「自由表面を有する流体領域が激しく分離と融合とを繰り返す流れ」を数値計算できる手法として、粒子法 Moving Particle Simulation が越塚誠一たちによって提唱され、CAE 産業で活用されると共に CG Animation 産業でも応用されている。Poisson 偏微分方程式を求解して流体の圧力分布を数値計算する陰解法が最初の粒子法 MPS として開発されており、圧力を陰解法で計算し 粘性項を陽解法で計算することから Moving Particle Semi-implicit method(半陰解法の粒子法)と呼ばれていたが、本稿では陰解法 MPS と呼ぶ事にする。

海上における津波の現象を数値計算するなど 巨大な規模の流体領域を対象として圧力分布を計算すると成ると、Poisson 偏微分方程式に境界条件を設定する事が不可能になるため、陰解法 MPS を使用でき無い。

そこで流体の質量密度から 流体の状態方程式に基づいて圧力を計算する、つまり陽解法で圧力を計算する陽解法 MPS が大地雅俊と越塚誠一らによって開発された。流体において質量密度から圧力を計算する状態方程式を決定するには、流体の音速をパラメータとして与える必要がある。例えば水という流体の音速は実測値では 1500[m/s]であるが、この実測値よりも遥かに小さい値を音速として設定した流体の状態方程式に基づいて大地雅俊と越塚誠一らは水の流れを数値計算している。

これらの先行研究を踏まえたうえで、流体の状態方程式に対して適切な音速の値を設定できる事が陽解放 MPS において重要である。

３．期待される効果

陽解法 MPS で使用する状態方程式に対して適切な音速の値を設定できるように成れば、巨大な規模の流体領域を有する流れの現象に対しても圧力分布を計算する方法に対して統計物理学からの根拠を与える事ができる。

４．研究の経過及び結果

陽解法 MPS の状態方程式に設定する音速の値として、実測値 1500[m/s]から始まり それよりも徐々に小さな値を音速に設定して、水柱崩壊を数値計算した結果を CG アニメーションに可視化して検討した。

実測値 1500[m/s]に近い値を音速に設定して水柱崩壊を数値計算すると、液体粒子達は物理的に自然な運動を示した。しかし粒子数密度の空間分布も圧力の空間分布も一様に成っており、重力の効果によって 液体領域の下側ほど粒子数密度も圧力も大きく成るハズという物理現象を反映し無かった。

実測値 1500[m/s]よりも小さな値を音速に設定して行った数値計算の結果は、流体粒子達は物理的に自然な運動を示しながら、重力の効果によって 流体領域の下側ほど粒子数密度も圧力も大きく成るという物理現象を反映した。

しかし音速に設定する値を小さくし過ぎると、図 1 のように液体領域の下側が不当なレベルまで圧縮されたり、図 2 のように液体領域に空隙が生じたり、液体として不自然な空間分布を実現してしまった。

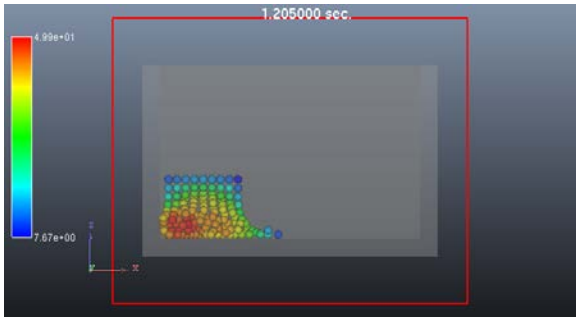


図 1 音速 5[m/s]の陽解法 MPS で計算した粒子数密度の分布 １２フレーム

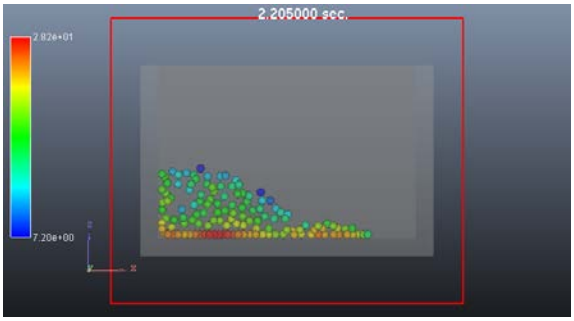


図 2 音速 5[m/s]の陽解法 MPS で計算した粒子数密度の分布 ２５フレーム

５． 今後の計画

自由表面を有する流体領域が激しく分離と融合とを繰り返す流れ現象を数値計算する陽解法 MPS に対して、適切な音速の設定値を検討した。つまり自由な境界条件を有する流体領域に対して、適切な音速の設定値を検討した。それに対して、管の中に流体が存在し続けて流れて行くような 流体領域が固定された境界条件を有する流れの現象を数値計算する陽解法 MPS に対して、適切な音速の設定値を今後に検討する。

広視野 HMD を用いた仮想トレーニング環境に関する基礎研究

研究者名：情報ネットワーク・コミュニケーション学科　井上哲理

1. 研究の目的

ヒューマンメディア研究センターでは，没入感の高いディスプレイについて，ヒューマンファクタ面の研究とディスプレイの応用研究を実施している．これまでの研究の多くは４面立体表示スクリーンシステム（通称：CAVE 型ディスプレイ）を用いて実施してきた．CAVE 型ディスプレイは，数年前までは，臨場感・没入感の高いディスプレイとしては，ほぼ唯一のディスプレイシステムであった．本研究プロジェクトでも CAVE 型ディスプレイに関するさまざまな知見，応用を示すことができた．

今日では没入感の高いディスプレイとして，広い視野角で映像提示が可能な HMD（頭部搭載型ディスプレイ）が利用されつつある．高精細ディスプレイとともに頭部運動に追従して映像が変化するヘッドトラッキング機構も搭載している上，安価であり，ソフトウェア面・付加デバイス面でもサポートが整いつつある．この広視野 HMD は CAVE 型ディスプレイに匹敵する没入感が期待できる．安価で小型であることから，今後は広く浸透していくことが予想される．

本研究課題のテーマとして広視野 HMD の応用面，基礎特性面を取り上げている．今年度は次の２テーマを中心に研究を行った．

(1) 広視野 HMD を用いた野球の仮想トレーニングに関する基礎研究
広視野 HMD で表示された野球実施環境がトレーニングとして活用できるかを調べる研究である．今年度は投球ボールに対するユーザの感覚を調べた．

(2) 広視野 HMD 表示での空間の揺れに関する基礎研究
広視野 HMD を装着して室内映像で人工的な揺れ（地震を想定）を起こした際に，ユーザが揺れを感じるかどうかを調べた．

2. 研究の必要性および従来の研究

ヒューマンメディア研究センターは，立体映像技術，仮想空間技術，感覚協調メディア技術を中心とした次世代ヒューマンメディアの有用性を実応用において示すことを目指している．本研究課題では没入感の高いディスプレイシステムのヒューマンメディアとしての可能性の評価を主なテーマとして CAVE 型や HMD 型ディスプレイの評価と応用コンテンツを研究してきた．

3. 期待される効果

本研究課題は没入感の高いディスプレイシステムをさまざまな場面で効果的に応用することを目指しているが，仮想環境が実体験と同等の体験を提供可能だとすると，体験学習や技能トレーニング・訓練場面への応用は有効であり，期待が大きいといえる．

4. 研究の経過及び結果

4.1 広視野 HMD を用いた仮想トレーニング環境に関する基礎研究

没入感，臨場感の高い仮想空間の応用分野のひとつに，スポーツトレーニングがある．仮想空

間のなかで，さまざまな条件を試したトレーニング，自分自身の動きを仮想空間で評価しながらのトレーニングなど，実空間では実現が難しいようなトレーニング方法が考えられている．仮想空間でのスポーツトレーニングを実用にするためには，その効果を示すことが必要である．

本年度は，野球トレーニング用の仮想空間を目指して，その基本コンテンツの制作と基礎実験を実施した．

コンテンツとしては野球場（KAIT スタジアム）を再現して，そこで投手がボールを投球するものである．バッターボックスに立って，そのボールを観察できるものである．今回は，複数のボール軌道を制作した．

図 1 制作した野球場面

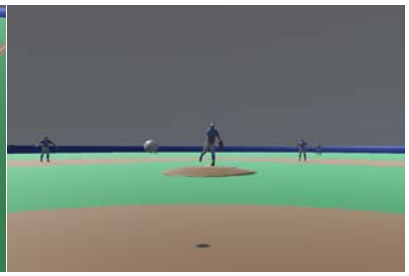


図 2 HMD での映像例

図 3　HMD 装着での実験風景

実験では，野球部員にボールの見え方などを評価してもらい，実際よりも早めに反応する（バットを振る）傾向にあること，トレーニング応用の可能性はあることがわかった．

4.2 広視野 HMD 表示での空間の揺れに関する基礎研究

没入感の高いディスプレイによる映像鑑賞では，映像の動きに対してユーザが動きを感じる，いわゆる視覚誘導運動効果（感覚）が起こりやすいことが知られている．この特徴を活かして，地震の揺れを簡易に体験できるシステムの制作を行っている．従来は CAVE 型ディスプレイを用いていたが，同様な応用が HMD で可能かを実験的に調べた．特に横方向の揺れに対して，その可能性が示唆された．

図 4 実験用の部屋（仮想）

図 5 HMD 装着風景

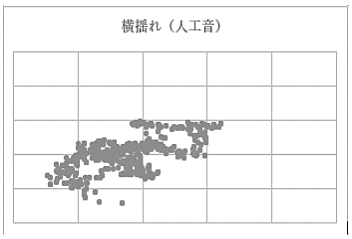


図 6 重心の揺れ結果例

5. 今後の計画

本年度の広視野 HMD を用いたスポーツトレーニング場面を想定したコンテンツ制作・実験を引き続き進める予定である．

6. 研究成果の発表

今年度の研究の成果発表は未だない．今後の研究成果と合わせて学会発表を行う予定である．

（以上）

体型指数が味覚感受特性および味覚嗜好性に与える影響の研究

ロボット・メカトロニクス学科　高尾　秀伸

１．研究の目的

本研究では肥満者本人の味覚感受特性に応じた質の高い栄養指導法を確立するうえでの基礎的知見を得るため，昨年度得られた体型指数が味覚感受特性検討に加えて，今年度は味覚嗜好性の追加調査を行い，それぞれの間の相関関係を調べることが目的である．

２．研究の必要性及び従来の研究

今日生活習慣病としての肥満が社会問題化している．肥満の治療および防止のためには栄養指導が必須となるが，現在は栄養学的観点のみで行われている．しかし，肥満者は一般的に濃い味を好むといわれていたり，味覚によっては非肥満者より閾値が高いという研究報告もある．そこで，肥満者本人の味覚感受特性および味覚嗜好特性に応じた栄養指導法を確立する必要があると考えられる．

３．期待される効果

肥満者本人の味覚感受特性に応じた栄養指導が可能となり，摂取する栄養素の量だけでなく，嗜好性に応じることで食事の質を高めることが可能となるため，肥満患者または予備軍該当者に対して精神的負担の少ない栄養指導を行うことが可能となる．

４．研究の経過及び結果

4.1　被験者

20 代前後の男子大学生 32 名を体脂肪率による肥満判定を行った（表１）．

表１　BMI による肥満判定の振り分け

	非肥満 （x＜25）	肥満[1度] （25≦x＜30）	肥満[2度] （30≦x＜35）
BMI	17人	11人	4人

4.2　BDHQ（簡易型自記式食事歴法質問票）による食嗜好性の調査

本研究では BDHQ を用いて味覚嗜好性を調査することとした．BDHQ とは，佐々木らにより開発された食物摂取頻度(食品の習慣的摂取頻度から半定量的に栄養摂取量を算出)に食事歴(食習慣や食履歴)を合わせた食事調査票であり [1)]，半定量的に食品群や栄養素の摂取量を算出することが可能な自記式食事歴法質問票を簡易版である．

本研究は，神奈川工科大学・ヒトを対象とした 研究に関する倫理審査委員会の承認(第 2014-030 号)を 受け，倫理指針を遵守して実施された．

4.3　実験結果

4.3.1 体型と嗜好性

「家庭の味付けは外食と比べて濃くなる」と BMI との相関係数は 0.33，体脂肪率では 0.35 と共に弱い正の相関傾向がみられた($p<0.1$)．

「麺類のスープ・汁を飲む量」と BMI との相関係数は 0.47($p<0.01$)，体脂肪率では 0.34($p<$

0.1)で正の弱い相関がみられた（図 1）．自宅の麺のスープは味付けが濃いものが多く，上記の結果と同様な傾向がみられた（図 2）．このことから体格指数が上昇するにつれて，日常的に家庭での濃い味付け，また味付けの濃いものを好む傾向があることが示唆された．

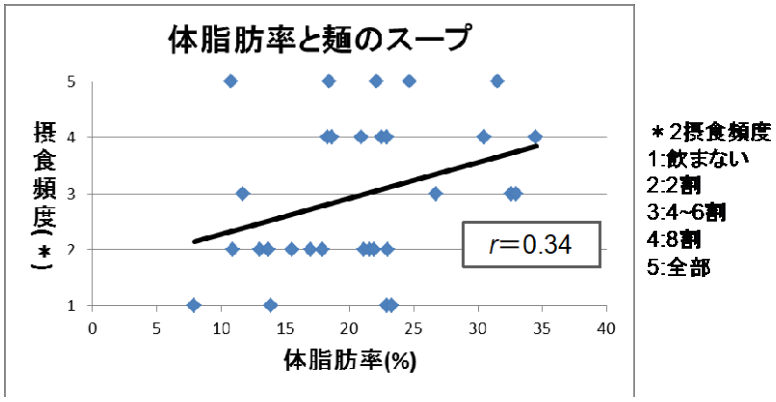


図 1　体脂肪率と家庭の味付けの濃さとの相関関係

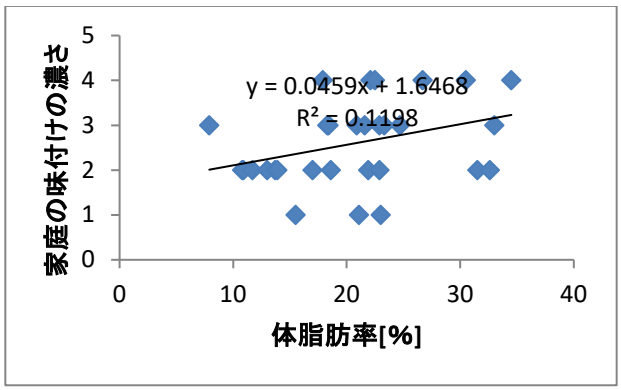


図 1　体脂肪率と家庭の味付けの濃さとの相関関係

4.3.2　味覚と嗜好性

塩味では「麺類のスープ・汁を飲む量」との相関係数は 0.39 で正の弱い相関がみられた($p<0.05$)(図 3).「緑葉野菜の漬物」との相関係数は 0.44 で負の弱い相関がみられた($p<0.05$)．上記の結果と塩味は関係があると考えられるものであり，塩味において嗜好性と味覚感受性に関係があることが示唆された．しかし塩味感受性が低いために濃い味付けを好み嗜好性が高くなるのか，または嗜好性が高いために塩味感受性に影響を与えているのかは明らかにできなかった．

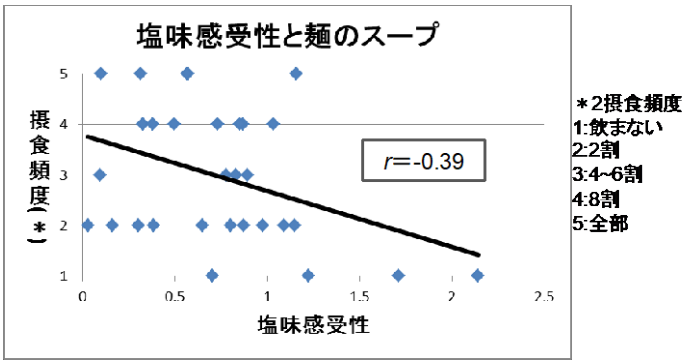


図 3　塩味感受性と麺類のスープ摂食頻度の関係

4.3.3　体型と栄養摂取量

体脂肪率が上がるにつれて，ビタミンなどの多くの栄養素の摂取量との間で負の弱い相関がみられた．またコレステロールとの間では正の弱い相関がみられた．このことから体脂肪率が上がるにつれて栄養バランスに偏りが生じる，またコレステロールの高い食べ物を好む傾向がみられた．

５．今後の計画

被験者を増加して信頼性を高めていきたい．また，fNIRS を用いた脳機能測定による客観的評価の検討も行いたい．

６．研究成果の発表

・田原諒人，橘秀貴，朝川菜月，七戸遥，高尾秀伸，饗場直美，2016. 体型が味覚および味覚嗜好性に及ぼす影響の検討-肥満判定基準の違いに着目して-，日本人間工学会第 57 回大会,2G3-3.

1）佐々木敏：自記式食事歴法質問票および簡易型自記式食事歴法質問票から推定される食品群摂取量の相対妥当性に関わる比較 - 16 日間食事記録を基準に用いた日本人で偉人の研究，public Health Nutrition 2011，pp. 1200-1211，2011

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 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超音波を用いるとともに，経済的な測位を実現するために慣性センサと組み合わせる方法である．特に，近年の普及が著しいスマートフォン（以降，スマホと記述）に実装されている慣性センサの利用を前提にする．

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ポイントとする．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，デモすることを目標にしている．また，H25 年度からは超音波に加えてスマホ内蔵スピーカから発生可能な非可聴音による測位の実現性を検討している．本方式が実現すれば，超音波送信機という専用機器を用いる必要がなく，ユーザの負荷が大きく軽減され，システムの普及が期待できる．

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，視覚障碍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，精度に課題が残る．我々の提案手法と同じ原理である超音波を用いた測位法の研究例があるが，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

ている状況にある．また，屋内での位置情報として重要となる在階推定は，天候変化による気圧変動のために，長時間にわたる推定は現状技術では困難である．

我々の研究は従来の研究とは異なり，超音波を用いた測位法を広域エリアへの測位システムと展開するための要素技術とアーキテクチャを明確にするとともに実際に試作を行い，屋内測位基盤として実現する．特に，スマートフォンや近年注目されているウェアラブル端末に内蔵されている慣性センサに着目してその内蔵センサと併用した屋内測位で重要な位置を占める在階推定を含めた測位システムを実現し，センサの設置数の削減による低コスト化や精度，エリアのユーザ要求に柔軟に対応するものである．

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 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，音源としてスマートフォンのスピーカからの非可聴音を用いた測位が可能となれば，ユーザの汎用機器を用いた広域屋内測位となり，広い適用範囲が可能となる．

４．研究の経過及び結果

平成 28 年度は，前年度検討と実証した複数ユーザ（音源）の収容のためのスペクトル拡散技術を用いた測位で，課題となっていた相関処理演算による測位遅延の問題解消に取り組んだ．また，新たな機能追加として，音に情報を埋め込む方法を検討し，シミュレーション，実験によって実現性を確認した．詳細を以下に示す．

(1)測位システムの多ユーザ収容と処理速度の高速化

課題として，音の受信タイミングの検出と音源（ユーザ）を識別するための相関計算に数秒レベルの時間を要することが問題となっていた．

このため，相関計算を専用に FPGA で行う測位アーキテクチャを提案し，実装した．相関計算以外のタイミングや識別は，従来どおりマイコン上で行う構成である．個々の受信部に FPGA，マイコンを実装し，測位計算を行う PC にタイミングと識別結果のみを送信する分散システムとして構築した．

測位精度を維持しつつ,相関処理を 1/40 程度の時間に減少できることを確認した.また，分散処理構成により，より広域化が容易な構成とした．実利用での条件を想定し，3m 四方のエリア内に 4 つの音源（ユーザ）を設置し，干渉の影響を抑えて，測位と識別ができることを確認した．

(2)音への情報の埋め込みと送受信

測位音源に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 1 次変調を行い，受信側で逆拡散，復調することで，データの送受信が可能であると考えられる．これは，GPS／GNSS において電波で行われている測位と情報伝送を音で実施するというコンセプトである．

まず，MATLAB シミュレーションにより，情報伝送が上記シーケンスで理論的に実現できる見通しを得た．そして，実際にマイク，スピーカ，増幅器という測位システムで用いているものと同一コンポーネントと温度センサを用いて，温度データの送受信実験を行った．測位構成と同じ送受信間の距離 3m で誤りなく,センサ情報を送受信できることを確認した．

(3)測位情報と電動車いすの新たな走行インタフェースの検討

高精度な屋内測位が必要な領域の一つに，屋内を走行するロボット，搬送車両，その他の移動体の位置検出がある．H28 年度は，電動車いすの移動のために操作インタフェースとして，仮想的なハンドルを見立てて自動車と同じ操作方法（腕の動きを KINECT で検出）と HMD（モベリオ）内蔵の加速度センサを用いて首の傾斜を検出して走行制御する方法を提案し，ソフトウェア開発などを行い，実際に走行実験を実施し評価した．

KINECT を用いる方法は，センサ本体も大きく，比較的装置，治具が大きくなり，現実的な観点での問題はあったが，モベリオを用いた方法は，通常のジョイスティックに近い操作性能が得られることを確認した．

５．今後の計画

H29 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)測位機能と情報送信機能を両立した高機能測位システム技術

昨年度の検討結果として，測位用の音源にセンサ情報を埋め込んで，送受信する手法を提案，実証した．今年は，この要素技術を測位システムに組み込んで，高機能測位システムとして実装し，評価，検証する．

これは，従来位置情報のみの取得システムを，さらにセンサ情報の送受信も可能とするもので，潜在的な適用領域の拡大を実現するものである．

(2)音による環境推定，行動推定への展開

測位システムとして，通常のマイクに使用されているマイクセンサを用いている．つまり，測位のための音波だけではなく，低い周波数から高い周波数までの基本的に生活空間に存在する全ての音波が受信可能となっている．

今年度は，環境音から，音の認識による環境推定，間接的な行動推定手法の検討に着手する．ここで，間接的という意味は，家電の動作音，環境音から，その人の行動や居場所からの行動推定を行う，という主旨である．独居老人の見守りやその他，応用範囲は広いものと思われる．

ここで認識手法として，各種特徴量の抽出とそれらを用いた隠れマルコフモデルによる方法，近年大きく注目されている深層学習の２つの観点からのアプローチを試みる予定で

ある.

(3)音による各種サービスプラットフォームアーキテクチャの検討と実証

上記述べた(i)音による測位，(ii)音による情報の送受信，(iii)音による環境推定・行動推定を同一ハードウェア構成で実現するプラットフォームの実現を目標とする．この最適なアークテクチャ構成，機能分担，ソフトウェア構成を明らかにする．このとき，ユーザの要求に柔軟に対応可能とすべく，機能，装置のモジュール化，ブロック化を視野に入れた検討を行う.

(4)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，H28 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)金田 一将，成岡 雅，五百蔵 重典，田中 博，音による高精度屋内測位エリアの広域化のための分散処理の検討，平成 28 年度測位航法学会全国大会，
http://www.gnss-pnt.org/taikai28/yoko28/H28 全国大会研究発表予稿 a-3.pdf

(2)村田 翔太郎，金田 一将，五百蔵 重典，田中 博，スペクトラム拡散を用いた複数音源の収容可能な高精度屋内測位の提案と検証，測位航法学会論文誌，Vol.7，No.1，pp.1-10 (2016)

(3)成岡 雅，金田 一将，五百蔵 重典，田中 博，屋内測位のための音源への情報埋め込みに関する基本検討，2016 信学ソ大，B-18-28，p.392

(4)Kazumasa Kaneta, Miyabi Naruoka, Shigenori Ioroi, Hiroshi Tanaka, Accurate Indoor Positioning using Sound with Distributed System Configuration, The Fifth Asian Conference on Information Systems (ACIS2016), pp.114-120, Krabi, Thailand

(5)金田 一将，成岡 雅，五百蔵 重典，田中 博，音を用いた屋内測位における処理高速化のための SoC ボードによる分散処理構成とその検証,信学技報,vol.116,no.502,ITS2016-85, pp.49-56

(6)成岡 雅，金田 一将，五百蔵 重典，田中 博，屋内測位用音源へのセンサ情報の埋め込み方法と実験結果，2017 信学総大，B-18-25，p.446

(7)早川 裕和，田中 博，ウェアラブル加速度センサと頭部動作を用いた電動車いす操作手法の基本検討，2017 信学総大，H-4-16，p.282

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.

リステリア菌と緑膿菌の低温混合培養で形成したバイオフィルムの特性

応用バイオ科学部 栄養生命科学科　　澤井　淳

1. 研究の目的

本研究では、*Listeria monocytogenes*(リステリア菌)と *Pseudomonas aeruginosa*（緑膿菌）の低温における混合培養により形成させたバイオフィルム(L+P-BF)の特性について検討する。

2. 研究の必要性及び従来の研究

微生物の多くは、バイオフィルム(BF)の状態で各種表面に存在している。BF の主成分である細胞外高分子化合物には、BF 内部の細胞の乾燥や薬剤に対する抵抗性を上げる役割があり、食品や医療分野をはじめ様々な分野で BF による被害が問題となっている。

L. monocytogenes は、様々な環境ストレス耐性を持つ BF 形成菌であり、特に低温での増殖能を有する。*L. monocytogenes* によるリステリア症は、主に妊婦、新生児、高齢者、免疫の弱い人に発症しやすく、その死亡率は 16～38%にも達する。*P. aeruginosa* も水周りや土壌など自然環境中に広く常在する BF 形成菌である。薬剤･抗生物質に対する高い耐性を持ち、*L. monocytogenes* 同様、低温でも増殖することができる。

自然界での BF は、単一の菌で形成されているのは殆どなく、様々な種の微生物を含む状態で存在している。近年では、リステリア菌と他の細菌で形成された BF の研究も行われているが多くはなく、*L. monocytogenes* と *P. aeruginosa* の混合培養による BF に関する研究としては、一件のみである。低温流通の拡大は、微生物による食中毒の抑制に大いに寄与しているが、低温条件で増殖可能な両菌による BF が引き起こす食中毒および感染症の発生が懸念されている。そこで本研究では、*L. monocytogenes* と *P. aeruginosa* を低温で混合培養し形成させた BF の特性について調べた。

3. 期待される効果

通常の菌が BF を形成しにくい低温条件で形成される L+P-BF の特性は殆ど分かっていない。ストレス耐性が高い両菌から形成される BF は非常に脅威であり、その特性を調べることでこれらの BF に対する制御法を確立に寄与する。

4. 研究の経過及び結果

3.1. 実験方法

a) 供試菌

L. monocytogenes ATCC 1994, 19115 および *P. aeruginosa* ATCC 7700 を使用した。

b) BF 形成能および生菌数の測定

マイクロプレートに BF を形成させ、BF 量をクリスタルバイオレット染色法により測定

した。菌数測定は、プレートのウェル壁面 BF のふき取り法により行った。L+P-BF 中の総菌数を普通寒天培地、*L. monocytogenes* を PALCAM Listeria-Selective agar でそれぞれ算出した。*P. aeruginosa* の菌数は、BF 中の総菌数からリステリア菌数を引いて算出した。

c）リステリア菌と緑膿菌の混合培養における BF の形成過程の観察

L. monocytogenes ATCC 19114 + *P. aeruginosa* ATCC 7700 の系で RNA in situ Hybridization 法により、リステリア菌を赤色、緑膿菌を緑色でそれぞれ染色し観察した。

d）BF の薬剤処理に対する抵抗性

マイクロプレートに BF を形成させた後、ウェル中の菌液を廃棄し洗浄した。薬剤溶液を加え、培養(37℃, 24h)した。培養後、薬剤を含む上澄み溶液を廃棄し洗浄後、普通ブイヨン培地を各ウェルに加えて培養し、濁度変化を観察した。

4.2　結果及び考察

Table 1 に 10℃での L+P-BF、リステリア菌および緑膿菌のそれぞれ単独培養(L-BF と P-BF)の BF 量を 590 nm における吸光度を指標として示す。この値が大きいほど BF 量が多いことを意味する。10℃における L+P-BF の量は、5 日目まで増加し、14 日目まで有意な変動はなかった。L-BF は 3 日目まで増加し、14 日目まで有意な変動はなかったが、L-BF の BF 量は有意に L+P-BF および P-BF より少なかった。P-BF は 5 日目まで増加し、14 日目まで有意な変動はなかった。また、L+P-BF と P-BF の間には有意な差がなく、10 ℃における L+P-BF の BF 量は *P. aeruginosa* に依存していることが示唆された。L+P-BF および L-BF において、*L. monocytogenes* の 2 種の間に有意な差は認められなかった。

Table 2 に L+P-BF、L-BF および P-BF 中の生菌数を示している。L+P-BF の総菌数は、5～14 日目で 7.4 log CFU～7.7 log CFU に達した。L+P-BF では大部分が *P. aeruginosa* であり、*L. monocytogenes* は全体のほぼ 10%以下であった。L+P-BF と P-BF の総菌数の変化に有意な差はなかった。

P-BF の位相差顕微鏡写真を見ると、桿菌が重なり合って BF を形成していた(Fig. 1)。一方、L-BF は単一層状に BF が広がっていた。L+P−BF の見た目は P-BF と変化がなく、*P. aeruginosa* がこの BF において大勢を占めていることが分かる。蛍光染色により、BF 内では *P. aeruginosa* (green)、*L. monocytogenes* (red)が混在していることが分かった(Fig. 2)。

10℃、5 日間培養で形成した L+P-BF はペニシリン G では、5,000 μg/mL で処理しても、全ての BF の活性を抑制することはできなかった(Table 3)。また、クロラムフェニコール処理では、L-BF のみ 5,000 μg/mL で失活した。NaClO 処理では、L-BF では 125 μg/mL 、P-BF と L+P-BF では 500 μg/mL が失活には必要であった。これらは浮遊状態の *L. monocytogenes* に対する薬剤使用濃度の 10～250 倍（あるいはそれ以上）であった。P-BF および L+P-BF は、抗生物質および次亜塩素酸処理に対して非常に高い抵抗性を示し、特に食品においては、BF 形成を抑止する必要性が示唆された。

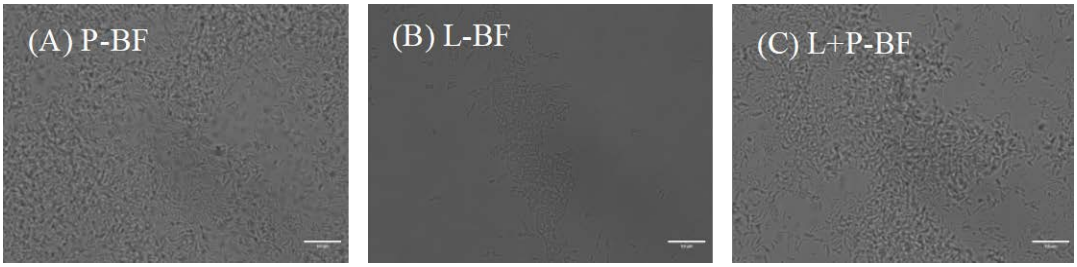


Fig. 1　Phase-contrast microscopic images of biofilms formed at 10℃ at the 4th day of incubation.

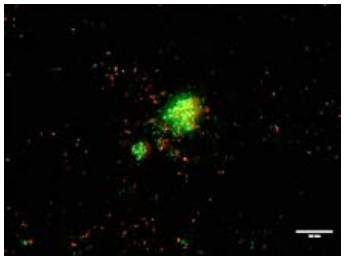


Fig. 2　Fluorescence microscopic images of biofilms formed at 10℃ at the 4th day of incubation. Biofilms formed in co-culture of *L. monocytogenes* ATCC19114 with *P. aeruginosa* ATCC7700 were double-stained with RNAscope® target probes to yield the fluorescence of red and green, respectively.

5. 今後の計画

・培養温度の比較

・L+P-BF の制御方法の探索

6. 研究成果の発表

1) Kikuchi, M., Nakagawawa, M., Tone, S., Saito, H., Niino, T., Ngasawa, N., Sawai, J: Predicting changes in aquatic toxicity of chemicals resulting from solvent or dispersant use as vehicle. *Chemosphere*, **154**, 34-39 (2016)

2) 乾貴誌、豊角浩之、浅川大輔、瑞慶覧章朝、澤井淳、當山広幸、中田栄寿、江原由泰：海水のアルカリ化に対する 2 室電解処理法によるエネルギー効率向上. 日本マリンエンジニアリング学会誌, **51** (4) 118-123 (2016).

3) Zukeran, A., Miura, T., Oku, T., Mano, R., Miyashita, H., Wada, R., Sawai, J., Ehara, Y.: Humidification effect on inactivation of *Staphylococcus aureus* in an electrostatic precipitator. *International Journal of Plasma Environmental Science & Technology*, 10 (2) 181-185 (2016).

4) Kikuchi, M., Syudo, A., Hukumori, M. Naito,C., Sawai, J.: Changes in aquatic toxicity of potassium dichromate as a function of water quality parameters. *Chemosphere*, **170**, 113-117 (2017)

5) 菊地幹夫、新倉正之、川口兼他、内藤千尋、澤井淳: 低 pH によるオオミジンコ胚への影響. 日本環境毒性学会誌, **19** (2) 91-98 (2016).

TABLE 1. Biofilm formation on polystyrene microplates by co-culture of *L. monocytogenes* and *P. aeruginosa* at 10℃.

Culture	Absorbance (590 nm)					
	0 day	1 day	3 day	5 day	8 day	14 day
L.m. ATCC 19114+ P.a.						
L.m. ATCC 19115+ P.a.						

s aeruginosa ATCC 7700.

TABLE 2. Total viable counts or viable counts of *L. monocytogenes* in the biofilms formed single or dual-culture of *L. monocytogenes* and *P. aeruginos*a at 10 ℃. (unit: $\log_{10}$ CFU/well)

Culture	Incubation time (day)				
	1	3	5	8	14
L.m. ATCC 19114+ P.a.					

ations: L.m., *Listeria monocytogenes.* P.a., *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 7700.

TABLE 3. Resistivity of the BF formed in single or dual-culture at 10℃ for 5 days against antibiotics and sodium hypochlorite treatments.

Reagnets	Concentration (μg/mL)

onas aeruginosa ATCC 7700.

高齢者の食を介した閉じこもり予防・支援プログラムの展開と健康な地域づくり活動支援に関する研究

栄養生命科学科　原島恵美子

1.　研究の目的

高齢者の健康づくりにおいては、社会との交流頻度が極端に低下した状態である「閉じこもり」が「寝たきり」のリスクに関わり、QOL の向上を図る弊害となるため、積極的な一次予防策の推進が期待されている。健康づくりは元来、個々人が主体的に取り組む課題であるが、老化に伴う生活空間の狭小化を防ぐ対応として地域全体での支援体制・環境づくりが求められている。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食を介した閉じこもり予防活動を展開し、活動的な状態にある高齢者の生活機能を維持・向上することを目的とする。

2.　研究の必要性及び従来の研究

高齢期における仕事、ボランティア活動、趣味・稽古事などの社会参加・社会貢献活動は、将来の ADL 障害のリスクを減少させることが報告されている。また、社会参加は、心理的健康にとって好影響をもたらすほか、外出の機会増加にもつながり身体活動の増進効果もあるとされる。人口の急激な高齢化が進むわが国においては、高齢者のプロダクティビティ（活力）を生かす社会環境の整備が急務である中、多様な社会参加・社会貢献プログラムの開発等が望まれている。一方、健康づくりのための身体活動基準 2013 では、高齢者においては、積極的に体を動かすことで、加齢に伴う生活機能の低下（ロコモティブシンドローム及び認知症）をきたすリスクを低減させ、自立した生活をより長く送ることが出来るとし、高齢者の基準が初めて設定された。65 歳以上の身体活動（生活活動・運動）の基準は、強度を問わず、身体活動を 10 メッツ・時／週行うとし、可能であれば、3 メッツ以上の運動を含めた身体活動に取り組み、身体活動量の維持・向上を目指すことが望ましいとしている。しかし、身体活動の最短持続時間や実践頻度については科学的根拠が乏しく、詳細が示されていないのが現状であり、高齢者の身体活動データの蓄積が必要といえる。

3.　期待される効果

高齢者の社会参加の場としての地域づくり活動プログラムの開発は、高齢者の健康づくりの目標である、健康寿命の更なる延伸、生活の質の向上に資することが期待される。また、ボランティア活動における身体活動量の把握は、今後の高齢者の身体活動についての科学的根拠に寄与するものと考える。

4. 研究の経過および結果

本研究では、これまで、「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。月 1～2 回開催されている食事提供サービス（喫茶室）は、栄養バランスのとれた食事の提供、情報提供、多世代との交流の場として、閉じこもり予防の効果が期待される。しかし、ボランティアスタッフ（VS）の高齢化により、活動を維持することが心身両面から懸念され、スタッフの年齢や能力に応じた活動内容への転換が求められている。平成 27 年度は、喫茶室を運営している VS の身体活動の状況や主観的疲労感を把握し、活動中の作業強度に問題は見られなかったものの、VS の中には、精神的に強い負担感を感じている者がみられた。そこで平成 28 年度は、一部作業の分担や VS を増員するとともに、肉体的疲労度や精神的ストレスをより客観的に把握することで、活動持続のための方策を検討した。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を得て実施した（承認番号第 20160413-06）。

1） 身体活動量

三軸加速度センサー活動量計（HJA-750C　オムロン製）を用いて、同意の得られた VS13 名（平均年齢 75.5±5.9 歳）について計測を行った。20 日間の装着後活動量計を回収し、平日、前日準備及び活動日の日毎・15 分毎に活動強度（METs)、消費エネルギーを算出した。総消費エネルギーは、活動日も平日も 1700kcal 前後で差は認められなかった。活動日は平日に比べて、調理等の作業に費やすため 3.0METs 未満の生活活動による消費量が多い一方、ウォーキング等による 3.0METs 以上の歩行活動の減少を反映して 1 日のエクササイズ（EX）は低値を示した（表 1)。活動時間帯の活動強度は、概ね 1.5～3.0METs であり、力仕事が必要な準備や片付けの際にも､3.0METs を超えることはほとんどなかった(図 1)。

2） 客観的疲労感

パルスアナライザー（TAS9　(株)YKC）を用いて、作業の前と後に VS の指尖末梢血管脈波を 2 分 30 秒間測定した。心拍変動の時間領域分析により心拍数（HR)、心拍 1 拍ずつの時間の違いである心拍変動標準偏差（SDNN）を測定した。周波数領域分析により総自律神経活動（TP)、超低周波数成分（VLF）、低周波数成分（LF)、高周波数成分（HF、副交感神経活動指標）を測定し、LF/HF 比（交感神経活動指標）を求めた。TP、VLF、LF、HF、LF/HF の測定値は Ln 値で示した（表 2）。

VS13 名のうち、不整脈がみられた 1 名のデータを除外した。心拍数（HR）は活動後に上昇し、心拍変動標準偏差値（SDNN）に低下傾向がみられ、肉体的疲労が観察された。心拍変動の周波数分析から求めた交感神経活動指標（Ln（LF／HF）に差は認められなかった。

表１　喫茶室営業日と前日準備、平日の身体活動量[1)]

			平　日	前日準備	活動日
歩行活動	歩数	(歩)	7,045±3,954 [a2)]	7,237±2,458 [a]	5,131±2,489 [b]
	消費エネルギー	(kcal)	144±82 [a]	142±58 [a]	116±76 [a]
	3.0 METs 以上	(kcal)	99±70 [a]	79±55 [a]	59±62 [b]
	3.0 METs 未満	(kcal)	48±25 [a]	59±179 [a]	59±26 [a]
	エクササイズ	(EX)	2.76±2.04 [a]	2.31±1.53 [a]	1.55±1.67 [b]
生活活動	消費エネルギー	(kcal)	352±120 [b]	378±119 [a b]	418±111 [a]
	3.0 METs 以上	(kcal)	78±46 [a]	86±45 [a]	84±45 [a]
	3.0 METs 未満	(kcal)	274±94 [b]	290±86 [b]	327±85 [a]
	エクササイズ	(EX)	2.16±1.10 [a]	2.41±1.08 [a]	2.35±1.10 [a]
全活動	消費エネルギー	(kcal)	1,689±268 [a]	1,713±248 [a]	1,727±257 [a]
	エクササイズ	(EX)	4.92±2.76 [a]	4.72±2.13 [a]	3.91±2.13 [b]

[1)] 13 名の平均値,　[2)]アルファベット記号が異なる間で有意差あり（$p<0.05$）

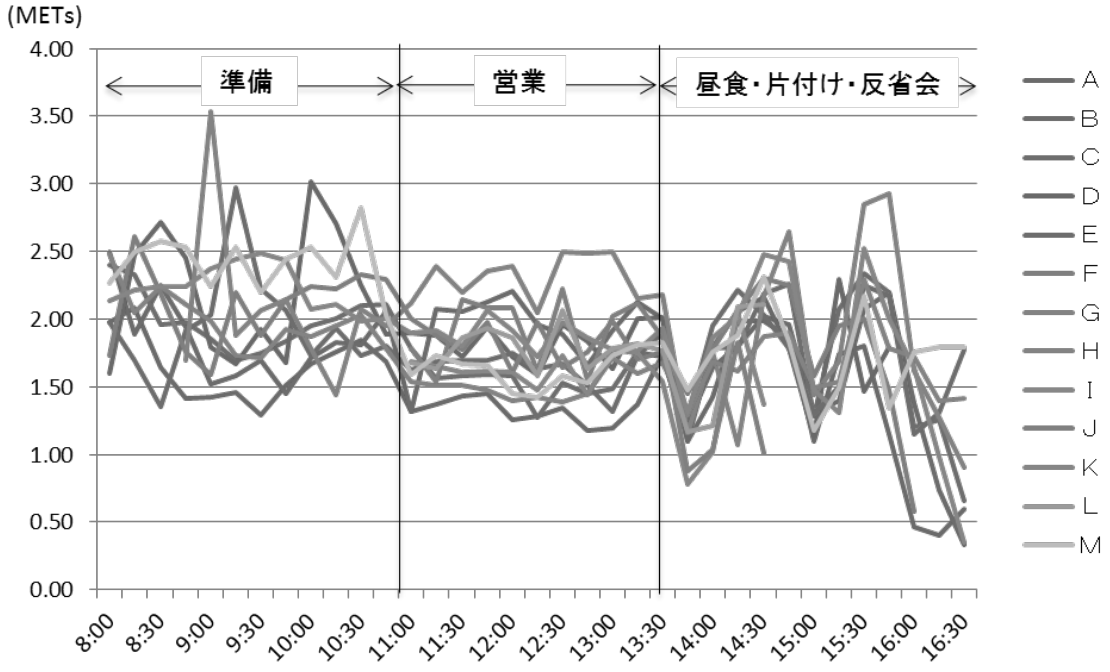


図１　喫茶室活動時間帯の活動強度の状況

表 2　活動前後の心拍変動指標値 [1)]

項目			活動前	活動後
心拍数**	HR	(bpm)	72.1 ± 11.1	82.7 ± 11.7
心拍変動標準偏差	SDNN	(ms)	29.0 ± 12.1	22.7 ± 9.3
総自律神経活動	Ln TP	(ms^2)	6.42 ± 0.38	6.17 ± 0.40
超低周波数成分**	Ln VLF	(ms^2)	6.09 ± 0.31	5.82 ± 0.28
低周波数成分	Ln LF	(ms^2)	3.63 ± 0.94	3.03 ± 0.79
	LF norm	(%)	40.8 ± 14.4	41.6 ± 11.1
高周波数成分	Ln HF	(ms^2)	4.03 ± 1.32	3.40 ± 0.98
	HF norm	(%)	59.2 ± 14.3	58.5 ± 11.1
	Ln (LF/HF)		0.99 ± 0.41	0.93 ± 0.21

[1)] 12 名の平均値、** $p < 0.01$

3）主観的疲労感

健康状態の自己評価は、10 名が良好で、3 名はあまり良くないとした。腰や膝などに痛みの自覚症状がある VS は 9 名であった。ほとんどが活動後に身体的疲労を感じており、10 名が翌日も疲労が残っているとし､そのうち家事への影響がある VS は 6 名であった｡一方、精神的な疲れは、活動後と翌日に 7 名が感じるとした。しかし、前年度の調査結果と比較すると、疲れは感じているものの、身体的・精神的疲労の程度は軽減していた。平成 28 年度は、リーダー役の分担、洗浄作業専従者の配置、休憩スペースを設置したことが功を奏したものと考えられた。

5.　今後の計画

肉体的疲労度や精神的ストレスの客観的評価を継続し、身体的負担の軽減と精神的負担を軽減する方策を検討する。

6.　研究成果の発表

研究成果は，学術雑誌等に投稿していく予定である。

中高年を対象としたストレス・カロリー計の精度検証および生活習慣病関連検査項目との関係性について

栄養生命科学科　准教授　澤井明香

1. 研究の目的

精神ストレスは精神疾患や生活習慣病の危険因子として知られている。ヒトの日常生活を、睡眠、精神活動、身体活動の３つに大別すると、現代の日本人は睡眠時間の短縮、精神活動の長時間化や精神活動時の循環動態の著しい変化（精神的なストレスへの暴露)、身体活動時間や身体活動強度の縮小とそれに伴う消費エネルギー量の減少がみられ、これらの生活習慣が精神疾患や生活習慣病の罹患に関与すると考えられる。本研究では中年者を対象に精神ストレス負荷を行い、精神活動や精神活動時の消費エネルギーや、さらに運動負荷による循環動態の評価について検討をおこなった。また、実際に日常生活で当装置を装着してストレス等を測定し、装置から得られた脈拍の変動と生活習慣病関連検査項目との関係性について検討をおこなった。

2. 研究の必要性および従来の研究

精神ストレスを客観的に評価する方法については、近年特に研究が盛んに成されてきている。我々が開発に携わった腕時計型ストレス・カロリー計は、心拍変動（睡眠時心拍数と覚醒安静時心拍数との差および 3 軸加速度計を利用した精神活動の客観評価）を初めて組み合わせた装置であり、睡眠時基底心拍とその上昇度を指標としたストレスの評価は例がなく、当機を利用して日常的に簡易に精神ストレスを客観評価することが期待される。また、その簡便性とある程度の精度を持つことから汎用性も高いと考えられ、実際に中高年のストレスの管理は必要であると考える。

3. 期待される効果

ストレス・カロリー計を利用して中高年や生活習慣病患者の日常の生活活動が評価できれば、保健栄養指導を行う際にはこれまで問診で把握していた睡眠時間をはじめとして、ストレスを感じた時間等、重要な情報源となり、保健栄養指導において重点的に実施すべき項目が明瞭になり、健康管理に役立つと考えられる。健常者の精神活動時の脳血流と食事との関係性についてはデータが殆どないと思われるため、当研究において示すことが可能であれば、新たな知見になり得る。

4. 研究の経過および結果

以下に中高年を対象としたストレス･カロリー計の精度および生活習慣病関連検査項目との関係性について述べた。

Relationship between the risk of metabolic syndrome and the lifestyle index measured by the PULSENSE wristwatch-type stress-calorie monitor in middle-aged subjects

Abstract

AIM: The Health Watch (HW) was developed to monitor and evaluate lifestyles as measured by heart rate variability and acceleration. In this study, data were measured by the HW and a metabolic measurement system (VO2000) to validate the HW data. Then, the relationship between the metabolic syndrome risk index determined by a medical examination and the lifestyle index measured by the HW were compared.

METHODS: To investigate validity, controlled rest, mental arithmetic, and walking were measured experimentally with the HW and VO2000 in 30 middle-aged men. In the application study, 24-hr heart rate, activity times (sleep, mental activity, mental stress, physical activity, exercise) and energy expenditure were measured with the HW in 93 healthy, working middle-aged subjects. HW data were then compared with each subject's medical examination results regarding risk of lifestyle-related disease.

RESULTS: Energy expenditure measured by HW correlated significantly with VO2000 measurements for each mental and physical activity performed ($r=0.89$, $p<0.05$). Significant correlations were seen between physical activity times and energy expenditure; between energy expenditure and body mass index ($r = -0.43$), abdominal circumference (-0.49), systolic blood pressure (-0.27), diastolic blood pressure (-0.40), AST (-0.27), ALT (-0.25), γGTP (-0.22), and hemoglobin A1c (-0.28); between mental stress times and uric acid (0.32); and between sleep times and alcohol intake (-0.25).

CONCLUSION: The HW could easily evaluate energy expenditure during mental and physical activity. Also, physical activity times, energy expenditure, mental stress times, and sleep times as measured by the HW correlated significantly with the risk of metabolic syndrome.

Table I. Characteristics of the study subjects

Validation study	
Number	30
Age (years)	50.2 (9.9)
Height (cm)	170.8 (5.6)
Weight (kg)	70.8 (10.6)
Body mass index (kg/m^2)	24.2 (3.2)
Sex (male:female)	30:0
Application study	
Number	93
Age (years)	45.0 (9.5)
Sex (male:female)	79:14
Height (cm)	171.2 (8.7)
Weight (kg)	67.8 (13.1)
Body mass index (kg/m^2)	23 (3.67)
Abdominal circumference (cm)	79.3 (9.4)
SBP/DBP at early morning (mmHg)	121.2 (12.6)/74.1 (10.1)
SBP/DBP before sleep (mmHg)	119.0 (12.5)/69.2 (8.7)
SBP/DBP at clinic (mmHg)	116.3 (14.8)/72.0 (11.2)
Mean blood pressure (mmHg)	96.9 (8.6)
HbA1c	5.3 (0.3)
TG	105.0 (63.2)
UA	5.9 (1.4)
LDLc	128.3 (30.7)
HDLc	57.9 (14.8)
γGTP	38.8 (32.0)
GOT	24.9 (8.8)
GPT	25.6 (16.2)
Alcohol drinks (/week)	1.4 (1.1)
(0: no/1: sometimes/2: often)	
Cigarettes (0: no/1: yes)	1.4 (4.3)

Values are shown as the mean and standard deviation.

*A p value of <0.05 was accepted as statistically significant.

SBP = systolic blood pressure; DBP = diastolic blood pressure; HbA1c = hemoglobin A1c; TG = triglycerides; UA = uric acid; LDLc = low-density lipoprotein cholesterol; HDLc = high-density lipoprotein cholesterol; γGTP = gamma glutamyl transpeptidase; GOT = glutamate oxaloacetate transaminase; GPT = glutamic-pyruvic transaminase.

from the Health Watch or the New Brief Job Stress Questionnaire and that of medical tests to assess the risk of metabolic syndrome

Age	Body mass index	Weight	Abdominal circumference	Blood sugar	HbA1c	TG	UA	LDLc	HDLc	γ-GTP	GOT	GPT	SBP (clinic)	DBP (clinic)	SBP (early morning)	DBP (early morning)	SBP (before sleep)	DBP (before sleep)
0.17	.357**	.350**	.490**	0.08	0.01	.215*	0.08	.340**	-.249*	0.12	-0.08	0.14	.212*	.237*	.227*	.329**	.253*	.403**
.439**	.225*	.376**	0.16	0.13	-0.14	0.15	.406**	0.01	-.240*	.224*	0.17	.230*	0.11	0.10	0.16	0.13	.223*	0.07
.464**	-.589**	-.605**	-.624**	-0.16	-.224*	-.280**	-0.01	-0.20	.227*	-.212*	-0.16	-0.19	-.210**	-.255*	-.294**	-.277**	-.305**	-.394**
.265*	-0.09	-0.14	-0.19	.220*	0.04	-0.15	-0.07	-0.02	.317**	-0.13	-0.07	-.227*	-0.03	-0.04	0.02	0.09	-0.10	-0.09
.414**	-0.14	-0.04	-0.11	-0.10	-.212*	-0.04	.317**	0.01	-0.12	-0.07	-0.19	-0.04	-0.08	-0.07	-0.10	-0.12	-0.08	-0.17
-.228*	-.357**	-.436**	-.459**	0.01	-0.08	-.361**	0.00	-0.19	.352**	-.329**	-.237*	-.346**	-.226*	-.271**	-0.20	-.219*	-0.19	-.334**
0.09	-0.15	-0.16	-0.16	-.218*	0.07	-0.09	-0.08	0.02	-0.01	0.00	-0.03	0.02	-0.02	-0.03	-0.11	-0.13	-0.13	-0.09
0.16	-.291**	-.481**	-.360**	0.10	0.11	-.397**	-0.16	-0.19	.508**	-.251*	-0.18	-.348**	-0.07	-0.12	-0.08	-0.05	-.207*	-.251*
0.08	.236*	.398**	.402**	-0.04	-0.12	.341**	-0.01	0.13	-.457**	.210*	0.11	.229*	0.04	0.04	0.08	0.08	0.15	.255*
0.11	0.06	-0.05	-0.05	0.06	0.07	-0.20	-0.08	-0.16	0.07	-0.12	0.07	-0.03	-0.04	-0.03	-0.13	-0.04	-0.01	-0.06
-.259*	0.08	0.05	0.04	0.00	-0.13	0.00	0.03	-.221*	-0.08	-0.16	-0.16	-0.16	-0.10	-0.04	-0.20	-0.13	-0.03	-0.13
-0.14	0.00	-0.01	0.05	-.219*	0.04	-0.14	0.15	-0.07	-0.09	0.00	0.01	0.00	0.01	0.03	-0.14	-0.01	-0.07	0.07
-0.08	0.00	0.03	0.03	-0.13	-0.01	0.05	0.04	0.02	-.286**	0.05	0.03	0.13	-0.06	-0.12	-0.03	-0.10	-0.04	-0.05
0.07	0.06	0.09	0.10	-0.02	0.04	0.05	-0.06	0.02	-.246*	0.02	0.16	0.03	-0.01	-0.06	-0.02	0.01	-0.06	0.06
-0.02	0.00	0.01	0.03	-0.03	0.03	0.00	-0.01	-0.02	-0.14	0.13	0.09	-0.04	0.08	0.09	0.15	0.13	0.11	0.08
-0.13	0.00	0.01	0.00	-0.10	-0.20	0.00	0.08	-0.11	0.01	0.14	-0.11	-0.02	0.14	0.13	0.15	0.11	0.10	0.09
0.11	0.00	0.09	0.01	0.07	-0.04	0.01	0.02	-0.03	0.07	0.16	0.04	-0.01	0.07	0.02	0.14	0.09	0.14	0.11
0.19	0.03	0.05	0.07	0.03	0.04	0.02	-0.03	0.01	0.01	0.15	-0.08	-0.07	0.15	0.08	.242*	.218*	0.18	0.20
0.10	0.04	0.05	0.05	0.00	-0.01	-0.02	-0.05	-0.12	-0.09	0.07	0.04	-0.04	0.08	0.05	0.08	0.14	0.08	0.11
-0.03	-0.04	-0.11	-0.14	-0.07	-0.01	-.256*	-0.09	-0.13	-0.08	-0.13	-0.11	-0.13	-0.10	-0.13	-0.03	-0.05	-0.09	-0.14
-0.09	0.17	0.09	0.13	0.05	-0.01	0.05	-0.05	0.00	-0.15	0.05	0.06	0.06	-0.04	-0.08	0.07	0.02	0.11	0.03
-0.02	-.241*	-0.18	-0.19	-0.08	-.225*	-0.15	-.228*	-.282**	0.08	-.339**	-.289**	-.328**	-0.07	-0.06	-0.09	-0.09	-0.12	-0.12
-0.07	0.03	-0.01	0.01	-0.03	-0.07	-0.12	-0.15	-0.05	0.01	-0.13	-0.18	-0.19	-0.06	0.01	-0.05	0.06	-0.05	0.04
-0.06	-0.11	-0.07	-0.06	-0.06	-0.07	-0.11	-0.10	0.03	-0.11	-.250*	-.265*	-0.19	-0.05	-0.08	0.03	0.00	-0.03	0.00
-0.20	0.01	-0.07	0.01	-0.03	-0.15	-0.04	-0.07	-0.20	-0.08	-0.15	-0.07	-0.14	-0.12	-0.17	-0.03	-0.08	-0.02	-0.06
-0.09	-0.02	-0.04	-0.10	0.05	-0.10	-0.17	-0.11	-0.12	-0.10	-0.14	-0.09	-0.16	-0.15	-0.11	-0.02	-0.04	-0.07	-0.12
-0.01	.407**	.496**	.499**	0.09	0.12	.484**	.289**	.437**	-.427**	.449**	.231*	.422**	.305**	.300**	.390**	.335**	.451**	.443**

rt was calculated to compare relationships between two groups.

atistically significant.

tatistically significant.

erides; UA = uric acid; LDLc = low-density lipoprotein cholesterol; HDLc = high-density lipoprotein cholesterol; γGTP = gamma glutamyl transpeptidase; GOT = glutamate oxaloacetate transaminase; GPT = glutamic-p
diastolic blood pressure.

Table III. Relationship between the data from the Health Watch and the results of the New Brief Job Stress Questionnaire by the Japanese MHLW

	New Brief Job Stress Questionnaire results		
Health Watch	Total (sum [A1] to [A9])	Total (sum [B1] to [B6])	Evaluation
HR0	-0.08	-0.10	.258*
Energy expenditure (kcal)	0.10	0.06	.210*
Energy expenditure (kcal/kg)	0.02	0.09	-.300**
the number of steps/24 hr.	0.09	0.11	-.229*
Mental stress time (M)	0.09	0.11	0.11
Physical active time	0.05	0.08	-.381**
Sleep time	0.00	-0.04	-0.14
Active times: A(+)	0.04	0.03	-.503**
Non-active times: A(−)	-0.02	-0.12	.370**

The Spearman rank correlation coefficient was calculated to compare the relationships between two groups.

*A p value of <0.05 was accepted as statistically significant.

**A p value of <0.01 was accepted as statistically significant.

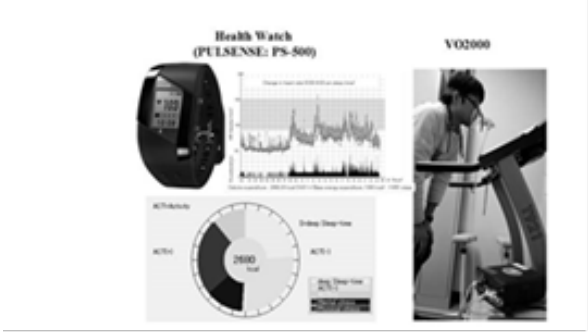


Figure 1. The Health Watch (HW; upper left panel) and the VO2000 (right panel). An example of the recorded heart rate (HR), acceleration change, and total caloric expenditure in one day are shown both on the personal computer (upper middle panel) and by the display on the HW (lower left panel). The pie chart shows activity times of deep sleep (yellow), no activity (green) (ACT ⊖), mental stress (blue), exercise (pink), physical activity (red) (ACT ⊕), and total caloric expenditure over 24 h (bottom right).

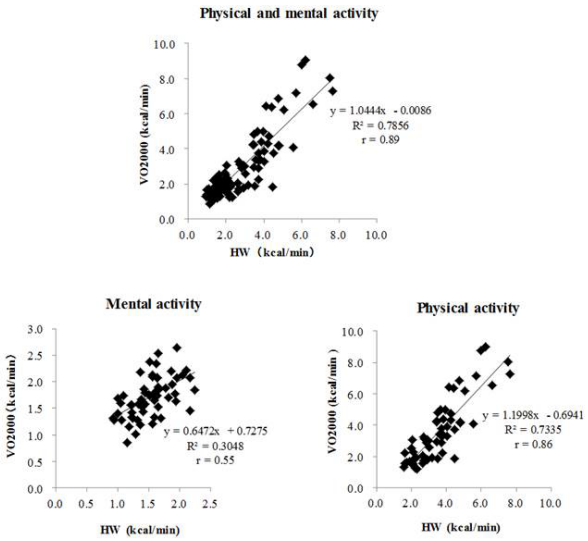


Figure 2. Comparison of energy expenditure measured by the Heart Watch (HW) and VO2000. Physical activity involved measuring treadmill walking for 10 min at each of 2.5 km/h (strolling walk) and 6.5 km/h (fast walk), with a 15-min rest break between each activity. Mental activity involved measurement at rest and during a mental arithmetic test for 10 min. r = correlation coefficient.

５. 今後の計画

一昨年および昨年の研究内容から、本装置は大学生においてその適切な精度が確認されこれらは学術論文として本年度に英文誌に掲載された（研究成果１）。さらに中年者における検証をするために精神ストレスを簡易客観評価したところ、当装置から得た消費エネルギーが精密代謝器で測定した消費エネルギーとある程度の高い精度を保つことが示され、当内容も英文誌にアクセプトされた（研究成果２）。このように若年や中年の検証実験は終了したため、今後は高齢者に対する実験をおこない高齢者においても同様の結果となり得

るか、またその改善点等を検証する。なお当研究により標準体型の者と肥満者では精神ストレス負荷時の脈拍の上昇とエネルギー消費量に関する換算式の係数が異なる可能性が生じたため（研究成果８）、体格による換算係数の変動も、今後詳細を調べたい。

６．研究成果の発表

1) Sawai A, Fujii H, Sato Y, Takuma A, Utsumi M, Sawai S, Ohno M, Tochikubo O. Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche 2016; 175(11): 442-51.

2) Sawai A, Igarashi R, Saitou M, Enami N, Sawai S, Fujikawa T, Takahashi K, Tochikubo O, Relationship between the risk of metabolic syndrome and the lifestyle index measured by the PULSENSE wristwatch-type stress-calorie monitor in middle-aged subjects, GMI, impress.

3）澤井明香，喜田元哉，三浦瑞希，山本華子．朝食内容が若年者の顔再認課題回答時の眼球運動に及ぼす影響，第 70 回　日本栄養食糧学会大会（武庫川女子大学中央キャンパス），2016 年 5 月．

4）澤井明香．和食と洋食の摂取が顔認知課題回答時の脳血流に及ぼす影響，第 63 回　日本栄養改善学会学術総会（リンクステーションホール　青森），平成 28 年 9 月．

5）五十嵐梨乃，澤井明香，朽久保修．健康腕時計を用いた身体活動と生活習慣病発症リスクの検討，第 38 回　臨床栄養学会総会（大阪国際会議場），2016 年 10 月，若手奨励賞（最優秀演題）受賞．

6）會澤祐希，澤井明香，八木雄斗．朝食の摂取習慣が顔認知課題回答時の脳血流に及ぼす影響，　第 38 回日本臨床栄養学会総会（大阪国際会議場），平成 28 年 10 月．

7）八木雄斗，澤井明香，五十嵐梨乃．欠食や咀嚼の有無が顔認知課題回答時の眼球運動に及ぼす影響について，　第 38 回日本臨床栄養学会総会（大阪国際会議場），平成 28 年 10 月．

8）澤井明香，齊藤美友，朽久保修．中高年に対応した健康腕時計の精度の検討，第 71 回日本栄養食糧学会大会（沖縄コンベンションセンター）2017 年