人間情報学会

Academy of Human Informatics

第31回 人間情報学会講演集

2018年12月17日

新有楽町ビル2階リファレンス会議室

第 31 回人間情報学会

オーラルセッションプログラム

◆日時：平成 30 年 12 月 17 日（月） 11:30-13:30

◆場所：東京都千代田区有楽町 1-12-1 新有楽町ビル 2 階
リファレンス会議室 Y203 にて

発表 7 分、質疑 4 分、切り替え 1 分

[11:30 - 12:18] オーラルセッション 1　（12 分×4 件）

1. ステレオカメラによる YOLO と 3 次元点群を用いた人物検出
   高橋 正裕、池 勇勳、梅田 和昇
2. 動画像解析を用いた快不快度推定の研究
   矢野翔大、大谷淳、大川内隆朗、大和淳司
3. トリアージシステムの為の電波併用型超音波測位
   岩谷謙輝、川原靖弘
4. スマートウォッチを用いた野球ピッチング支援システムの改良
   松本 裕太郎、嶋田 峻也、中山 悠、戸辺 義人、横窪 杏奈、Guillaume Lopez

[12:18 - 12:30]　休憩

[12:30 - 13:18] オーラルセッション 2　（12 分×4 件）

5. プラネタリウム鑑賞時のリラクゼーション効果の検証
   江尻綾美、駒澤真人、笠松慶子
6. 永久磁石を組み込んだサポートウェアの疲労回復における効果検証
   石井峻、Guillaume Lopez
7. 在宅リハビリ実現に向けた支援システムの検討
   棚橋優、駒澤真人、藤本鎮也、菅谷みどり
8. 花卉管理マニュアル作成に向けた消費者意識実態調査
   鈴木智久、川原靖弘

ステレオカメラによる
YOLO と 3 次元点群を用いた人物検出

高橋正裕 [1]　池勇勳 [1]　梅田和昇 [1]
1 中央大学理工学部精密機械工学科　〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

概要
近年、防犯カメラやマーケティング等の分野において、画像処理を応用し、人物検出や人数カウントを行う研究が盛んに行われている。本研究では、ステレオカメラから得た画像と 3 次元点群から、オクルージョンに強い人物検出を実現する。物体検出に関する先行研究として、深層学習を用いた YOLO（you only look once）という手法が提案されているが、オクルージョンに対応できないという弱点が存在する。そこで、本研究では、ステレオカメラから得られる 3 次元情報と YOLO による人物推定領域を用いて人物領域の 3 次元点群を取得し、クラスタリングにより人物検出を行う手法を提案する。
キーワード： 人物検出 ステレオカメラ 深層学習 3 次元点群 YOLO

1. 序論

近年，防犯カメラやマーケティング等への利用を想定し，人物検出や人数カウント等の需要が高まっている．しかし，これらを人手で行った場合，ヒューマンエラーや人件費等の問題が生じてしまう．そのため，これらの分野における自動化が求められている．

人物検出手法の代表例として，画像の輝度勾配を特徴として学習した HOG（histogram of oriented gradients）特徴量[1]を用いた手法ある．また，近年では深層学習を用いた研究が非常に盛んであり，その中でも物体認識が可能な YOLO（you only look once）[2]は高いリアルタイム性と検出率を誇っている．しかし，これらの手法はカラー画像に対してのみ適用可能であるため，距離情報を考慮することができない．そのため，人数カウントにおいて重要であるオクルージョンへの対応が難しい．

そこで本研究では，YOLO の持つオクルージョンへの弱さの解決を目的とする．具体的には，ステレオカメラを用いてカラー画像，3 次元点群を取得し，YOLO による人物推定領域内の 3 次元点群を用いて，オクルージョンへの対応を目指す．

2. 提案手法

提案手法のフローチャートを Fig. 1 に示す．始めに，ステレオカメラよりカラー画像と 3 次元点群を取得する．次に，取得したカラー画像に対し，YOLO による人物領域の推定を行う．その後，取得された人物領域に含まれる点群を抽出し，外れ値除去等の処理を行う．最後に，その点群に対してクラスタリングを行うことで，人物検出を行う．以下，各段階について詳細に説明する．

2.1　3 次元点群の取得

ステレオカメラの左右のカメラにより，カラー画像を取得する．その後，左右のカラー画像から算出される視差を用いて距離を計測する．これにより，3 次元点群の取得を行う．

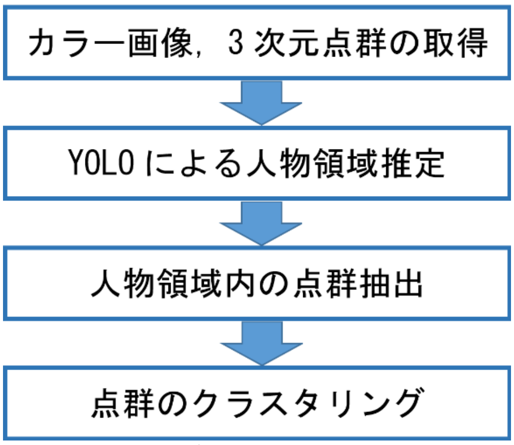

Fig. 1 提案手法のフローチャート

2.2　YOLO による人物領域推定

YOLO とは，ニューラルネットワークに基づく速度に特化した画像検出・認識手法である．本研究では，処理速度がより速い YOLO ver. 2 を用いる．ステレオカメラにより得られたカラー画像を入力とし，YOLO により物体認識を行った後，人物領域の推定結果を利用する．

2.3　人物領域内の点群抽出

YOLO による人物推定領域は，オクルージョン発生時に人物領域が結合してしまう．そこで，2.1 節で生成した 3 次元点群情報を利用し，YOLO による推定領域内の点群を抽出する．3 次元空間における点が画像中の点の対応は次式で表すことができる．

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} \sim \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_u \\ 0 & f_y & c_v \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \tag{1}$$

ここで，(u, v)は画像中での座標，(X, Y, Z)はカメラ座標系における 3 次元空間内での座標を表しており，カメラの内部パラメータから成る行列によって同次座標として表現することができる．(f_x, f_y)は画像ピクセル単位の焦点距離，(c_u, c_v)は画像中心を表している．また，この段階で点群分布の統計量を用いた点群の外れ

値除去と，カメラの高さ情報を用いたしきい値による地面の除去も行う．

2.4 点群のクラスタリング

YOLO の推定結果を利用して人物周辺の点群のみを抽出することで，クラスタリングにより人物の点群を取得する．クラスタリングには，Kd 木によるユークリッド距離における最近傍探索を用いる．

3 人物検出実験

本手法の有用性を検証するために，歩行者 3 人を対象に人物検出実験を行った．歩行者 3 人にステレオカメラの前をランダムに移動してもらい，オクルージョン発生時の 1,018 フレームについて正確な人数カウントが可能かを検証した．

オクルージョン発生時のフレームにおける，提案手法と YOLO による検出結果の比較を Table 1 に示す．提案手法により YOLO による検出結果が改善されていることが Table 1 より分かる．具体的な例を Fig. 2 及び Fig. 3 に示す．Fig. 2 は YOLO のみによる検出結果，Fig. 3 は提案手法による検出結果である．YOLO では画面左の人物と中央の人物領域が結合してしまっているが，提案手法では分割できている．それに対し，Fig. 4 に失敗例を示す．この場合は複数の人物の領域が結合してしまい，1 人とみなしてしまっている．これは，ステレオカメラにおけるステレオマッチングの際に距離の計測が正確に行えていない部分を補間することで，距離値の境界が曖昧になってしまうことが原因であり，より精度の良いステレオカメラを用いることで解決可能である．

また，Table 2 に速度の比較結果を示す．3 次元点群処理による計算量の増加により，提案手法は YOLO に比べ，処理速度が 55%程度低下してしまったが，平均 15 fps 程度の速さであるため，リアルタイムでの運用においては問題ないと判断可能である．

4 結論と今後の展望

ステレオカメラから取得した 3 次元点群及び YOLO を用いることで，オクルージョンに強い人物検出手法を提案し，実験により有用性を検証した．

今後の展望としては，3 次元点群に含まれるノイズの除去，また YOLO の検出結果と 3 次元点群を入力とし，人物領域のみの点群を抽出するニューラルネットワークを用いた手法を考案する予定である．

Table 1 YOLO と提案手法の比較結果

	検出フレーム数	
	正	誤
提案手法	184	834
YOLO	117	901

Table 2 人物検出における比較結果

	画像取得時間[s]	取得フレーム数	平均速度[fps]
提案手法	240	3,364	14.02
YOLO		7,209	30.04

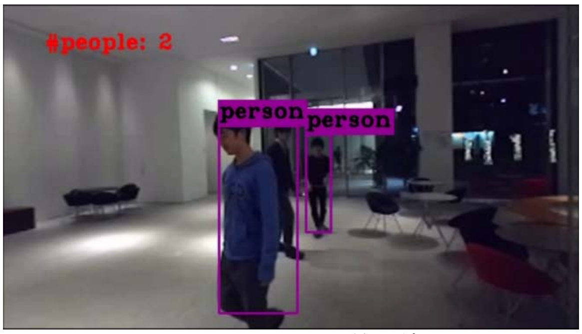

Fig. 2 YOLO による検出結果

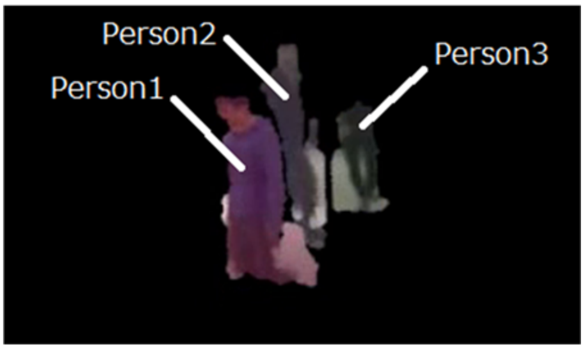

Fig. 3 提案手法による検出結果

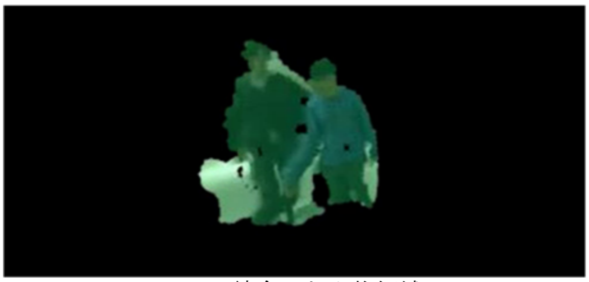
Fig. 4 結合した人物領域

文献

[1] 奥富 正敏他, “ディジタル画像処理”, CG-ARTS 協会, 2015.

[2] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection,” In Proc. of the IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 779-788, 2016.

動画像解析による快不快推定の研究

矢野翔大 [1]　大谷淳 [1]　大川内隆朗 [2]　大和淳司 [3]
1 早稲田大学創造理工学研究科総合機械工学専攻　〒169-8555 東京都新宿区大久保 3－4－1
2 早稲田大学国際情報通信研究センター 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3－4－1
3 工学院大学情報学部システム数理学科　〒163-8777

概要

現代はストレス社会であるのにも関わらず自身のストレスを計測する手法が広く普及されていないことから，本研究では非接触で取得した生体情報から快不快を識別する手法の検討を行う．提案手法としてまず，web カメラを用いて撮影した被験者の顔の輝度値変化から心拍数，心拍間隔，心拍変動指標を取得する．同時に視線検出器を用いて瞳孔径を取得する．得られた生体情報を入力として多層パーセプトロンで学習を行い快と不快の 2 値分類を行う．結果として快区間と不快区間を高い精度で識別することができた．一方で、不快区間から快区間へ移行するときの識別精度が悪いことが明らかとなった．

キーワード：　快不快推定，生体情報，心拍，瞳孔径，非接触

1.　背景と目的

現代はストレス社会といわれており，精神疾患による労働災害認定数が年々増加している [1]．このことから現代社会では自身のストレスを認知する必要があるが，ストレスを簡便に計測する方法はいまだに広く普及されていない．また，ストレスを計測することが可能なウェアラブルセンサーも既にいくつか存在するが，決して安価ではなく，接触による不快感を装着者に覚えさせてしまう可能性がある．

そこで本研究では， 非接触で取得した生体情報から快不快を識別する手法の検討を行う．

2.　提案手法

2.1 概要

本提案手法では，実験中に web カメラを用いて被験者の顔周辺を映した動画の取得および視線検出器を用いた瞳孔径の検出を行う．実験終了後に録画した動画から心拍に関する生体情報を取得する．心拍に関する生体情報および瞳孔径を入力として機械学習を行うことで快もしくは不快の 2 値分類を行う．

2.2 心拍

・心拍数

血中に含まれるヘモグロビンは緑色の光を強く吸収する．また，血管の収縮・膨張によりヘモグロビンの数が変化するため，顔の輝度値の変化を取得することで血管の容積変化である容積脈波を得ることができる．得られた容積脈波から心拍数を計算する．

まず，フレーム毎に顔と認識した領域の平均画素値を計算する．30 秒分の平均画素値に対して POS [2]という手法を用いて容積脈波を生成する．本研究で用いた web カメラは 30fps であるため，サンプル数は 900 フレームである．次に容積脈波に対してノイズ処理を行う．ノイズ処理には FIR フィルタと移動平均法，ウェーブレット変換を用いた．ノイズ処理して得られた波形に対して高速フーリエ変換を行い，パワースペクトルから最大の要素を持つ周波数を分単位に変換したものを心拍数として扱う．

・心拍間隔

容積脈波は心臓の拍動に応じて周期的に変化するため，容積脈波中における極大値の数は同時間内で発生した拍動の回数とほぼ同等である．よって心拍間隔 RRI は，隣り合う極大値間のフレーム数の差分を足し合わせて極大値の数で平均した次式で得られる．

$$\mathrm{RRI} = \frac{1}{30(N-1)} \sum_{2}^{N} t_k - t_{k-1} \qquad (1)$$

ここで，t_kは k 番目の極大値に相当するフレーム番号, N は極大値の数である．

・心拍変動指標

心拍変動を分析することによってストレスを計測する研究が近年では多くなされている [3]．ストレスに関する心拍変動指標として，心拍間隔を周波数解析して得られるパワースペクトル密度の LF 成分，HF 成分およびその割合である LF／HF が用いられている．

算出方法として 60 秒分の心拍間隔に対して Welch 法を用いることでパワースペクトル密度を計算する．得られたパワースペクトル密度において，0.05Hz～0.15Hz の強度を合計したものを LF 成分，0.15Hz～0.40Hz の強度を合計したものを HF 成分とする．

2.3 瞳孔径

瞳孔径の検出には視線検出器を使用する．赤外線 LED を目に照射することで発生する角膜反射と瞳孔の位置関係から視線を検出するため，視線検出器には予め瞳孔を取得する機能が実装されている．しかし，瞬きや頭の動きによってノイズを含んでいるため，取得した瞳孔径に対して移動平均法を用いることで平滑化を行う．

2.4 快不快の 2 値分類

得られた心拍数，心拍間隔，LF，HF，LF/LF および瞳孔径を入力として快不快を識別する 2 値分類器を作成する．学習には多層パーセプトロンを用いた．入力には（初期）フレーム分の生体情報と，それに続く 500 フレームにおける各フレーム間の差分をとった生体情報を用いる．中間層は 2 つ設け，それぞれのユニット数は 100 とした．出力は不快を示す 1 もしくは快を示す 0 である．また，被験者 1 名分の生体情報をテストデータに用いて，それ以外の被験者の生体情報を訓練データおよび検証データに使用する．

3. 実験

本実験の被験者は 8 名である．本実験では不快行動の対象として暗算問題を選択した．また，快および不快感情を感じさせる区間をそれぞれ設けた．快区間ではモニターに白い画面が表示され，その間被験者はモニターを見続ける．快区間は 60 秒間である．不快区間では 120 秒間被験者に暗算問題を出題する．ディスプレイ上に 2 桁×2 桁の計算問題を 10 秒間表示し，キーボード上のテンキーを使用して答えの入力を行う．被験者が答えを入力した，もしくは 10 秒が経過したのちに次の問題を出題する．学習を行う際の正解データは快区間中のフレームを 0，不快区間中のフレームを 1 とする．実験の際には各生体情報にノイズが多く含まれないようにするため，体や頭を大きく動かさないように指示した． 2 値分類の評価方法として，全フレーム数と正しく認識できたフレーム数の割合を識別精度として評価する．今回の実験では次の二つのパターンで区間を並べてそれぞれの識別精度を比較する．

①快区間→不快区間→快区間
②快区間→不快区間

4. 実験結果

実験条件①，②における被験者ごとの快不快識別精度を表 1 に示す．

表 1. 実験条件①②における快不快の識別精度

テスト データ	識別精度 %	
	①	②
被験者 1	77.4	98.8
被験者 2	83.0	97.4
被験者 3	88.3	97.5
被験者 4	84.4	95.4
被験者 5	73.7	96.0
被験者 6	73.1	94.7
被験者 7	91.1	90.5
被験者 8	87.5	90.3
平均	82.3	95.0

実験結果より，①よりも②の実験環境の識別精度が高いことが判明した．

5. 考察

①，②ともに識別精度は 80%以上であったが，両実験条件では大きな差が出た．原因としては二つの快区間における生体情報が同様の反応を示していないことが考えられる．図 1 に実験条件①における各区間における瞳孔径平均を示す．

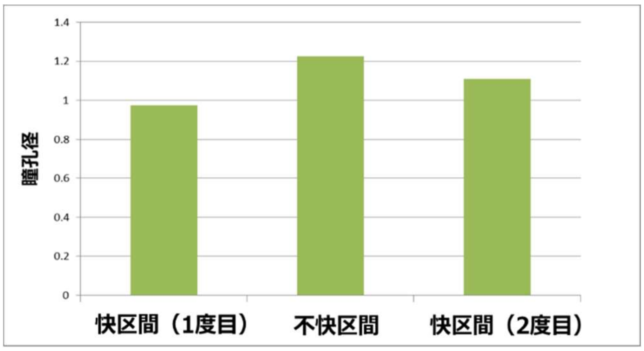

図 1. 実験条件①における各区間瞳孔径平均

図 1 より一度目よりも二度目の快区間のほうが不快区間との瞳孔径の差が小さいことがわかる．また，瞳孔径において全被験者が同様にこのような反応を示していた．よって，快区間から不快区間および不快区間から快区間に移行するときの生体情報の反応の違いが 2 値分類の結果に影響していると考えられる．

6. 結論と今後の課題

本稿では，顔の動画像処理から獲得される心拍数，心拍間隔，心拍変動指標等および視線検出器により得られる瞳孔径のデータを入力，快・不快の識別子を出力とする多層パーセプトロンを学習する方法を提案し，実験的検討を行った．快不快行動の対象を暗算とした実験では高い精度で快と不快の識別を行うことが可能であることが判明した．

今後の課題として，今回は暗算のみを対象とする学習器を作成したが，より汎用的に快不快を識別するために別の実験環境を設ける必要がある．また今回は録画した動画に対して 2 値分類を行ったため，リアルタイムで快不快を識別することができない．リアルタイムで識別するためにデータ数を増やして RNN など時系列学習の導入を検討する必要がある．

文 献

[1] 厚生労働省，“過労死等の労災補償状況，” 2019.

[2] Wang, W., den Brinker, A., Stuijk, S. and de Haan, “Algorithmic principles of remote-PPG,” *IEEE Transactions on Biomedical Engineering,* p. 1479‐1491, 2017.

[3] Hjortskov, N., Rissen, D., Blangsted, A., Fallentin, N., “The effect of mental stress on heart rate variability and blood pressure during computer work.,” *European Journal of Applied Physiology,* 第 92, pp. 84-89, 2004.

[4] M. Daniel J, “COGCAM: Contact-free Measurement of Cognitive Stress During Computer Tasks With a Digital Camera,” *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems,* pp. 4000-4004, 2016.

[5] Poh M-Z, McDuff DJ, Picard RW, “Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation.,” *Opt Express,* p. 10762‐74, 2010.

トリアージシステムの為の電波併用型超音波測位

岩谷　謙輝[1]　川原　靖弘[1]
1 放送大学大学院文化科学研究科　〒２６１－８５８６　千葉市美浜区若葉２丁目１１番地

概要
近年、大事故や災害時の救急救命において、トリアージと呼ばれる救急救命方式が導入されつつある。しかし、現行の紙製のタグを用いた方法では、傷病者が自らタグを切り離してしまう、医療従事者間での情報共有が難しいなど様々な問題点が指摘されている。これらの問題点を解決するため、電子タグを利用した電子トリアージシステムの研究が行われている。電子トリアージシステムでは、位置推定法について電波を利用した方法が提案されているが、反射や回折などにより正確な距離を測ることは難しい。そこで本研究では、比較的正確に距離を測ることのできる超音波を利用し、ZigBee 通信機能を組み合わせた試作機による測位を行い、数メートルの距離の測定において誤差の極めて少ない測位結果を実現した。今回の試作機に対する、共振周波数と出力の調整により低誤差を保ったまま測定距離を拡大することが可能であり、上記トリアージ手法に十分な性能を得られると見込まれる。

キーワード：　超音波, 測位, ZigBee, 電子トリアージシステム

１．はじめに

電子トリアージシステムにおいて傷病者の発見から搬送までの標準的な流れは次の通りである。[1]

（１）現場にて医療従事者に発見された傷病者は、その場で応急処置を受けた後トリアージポストと呼ばれる初期トリアージ実施場所に搬送される。

（２）トリアージポストに搬送された傷病者は、初期治療を受けた後、電子トリアージタグを装着しバイタルサインを基にカテゴリの分類を実施する（１次トリアージ)。電子トリアージタグにより取得したバイタルサインはアドホックネットワークを介して対策本部の情報管理サーバに転送され、一括管理される。

（３）トリアージにより自身のカテゴリが決定された傷病者は、対応するトリアージテントへと搬送される。テント内では医療従事者が応急処置を行いながら、同じカテゴリの傷病者に対する搬送優先度を医療端末に表示される全傷病者のバイタルサインを比較することで決定する（２次トリアージ)。

（４）電子トリアージタグは常時基地局を介してタグ間の無線リンクによる隣接関係情報を災害対策本部の情報管理サーバに転送する。情報管理サーバは隣接関係情報を基に位置推定を実行し、サーバおよび医師端末のモニタに推定結果を表示する。

（５）対策本部担当者や医療従事者は、情報管理サーバや医師端末のバイタルサイン表示機能により、処置が必要な傷病者を発見でき、同時に傷病者の位置も知ることができる。そのような傷病者を発見した場合には、すぐに医療従事者を派遣する。到着後、医療従事者は傷病者の取違いを防ぐために人体通信を利用し、傷病者のバイタルサインを再度確認するとともに、治療すべき傷病者であるかを確認し、治療を行う。

（６）搬送車が到着次第、２次トリアージによる搬送優先度の高い傷病者は病院へと搬送される。

これらの実証実験において位置推定に用いる電波が壁面で反射するなど、電波への影響が大きく、傷病者を正確に特定できない例がいくつかみられたと述べられている。

2. 電波併用型超音波測位

超音波による測位に関しては従来から多くの方法が用いられている。[2]対象までの距離を測るには超音波の反射を利用したパルスエコー式超音波測距センサがよく用いられる。しかしトリアージタグの位置推定に関して言えば、送信された超音波は人体で吸収されて減衰するため反射波を検出することは難しい。そこで超音波の送信機と受信機を切り離し、反射ではなく直接届く超音波の到達時間から距離を求める方法を提案する。超音波の送信側と受信側を ZigBee 通信モジュールで接続した機器構成図を図１に示す。

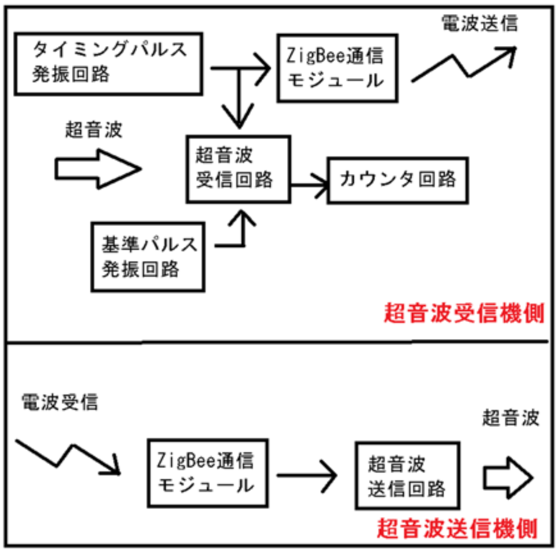

図１　機器構成図
Fig. 1 Configuration diagram of the location device

超音波の送信機と受信機のペアを傷病者と医療従事者もしくは傷病者とトリアージテント設備に設置して使用することにより、電波を用いた方法よりも正確な位置推定を行うことができる。

３．測位精度の評価

提案した手法の測位精度を検証するため、超音波送信機、超音波受信機、ZigBee 通信モジュール（無線マイコン TWE-Lite DIP）を用いて、図１に示した構成で試作機を制作した。

試作機の送信機側と受信機側を向い合せ距離を変化させた時の基準パルス数を記録した。本装置ではタイミングパルスの周期に合わせて繰り返し計測が行われる。なお基準パルス数は超音波の送信と同時にカウントが始まり、超音波の到達と同時にカウントが終わる。基準パルスは一定の周波数で発振を続けているので、その計測したパルス数は距離に比例する。

約１０ｍ×１０ｍの屋内空間において計測した距離とパルス数の関係を図２に、約１ｍ×５ｍの屋内空間（廊下）において計測した距離とパルス数のばらつきの関係を図３に示す。パルス数のばらつきについては表示部をカメラで撮影した後、５０ミリ秒ごとの数値を約５０点記録した。

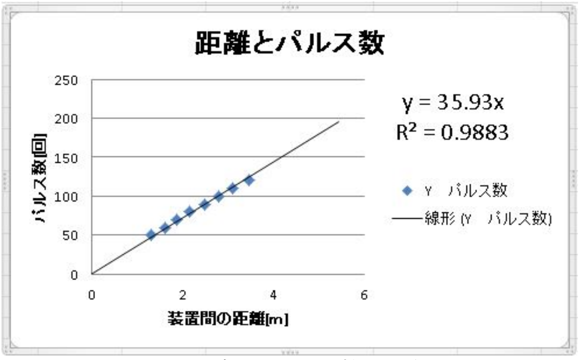

図２　距離とパルス数の関係
Fig.2 Relation between distance and the number of pulses

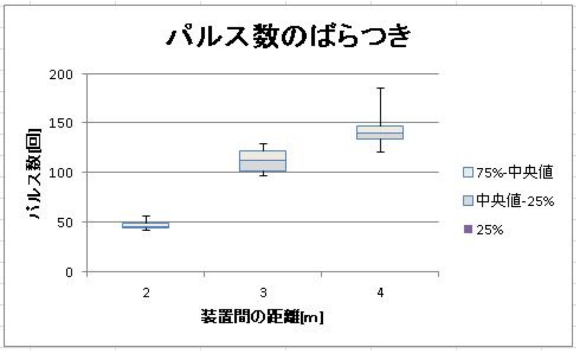

図３　パルス数のばらつき
Fig.3 Variation in the number of pulses

４．まとめ

トリアージテントの大きさは救急医療に関わる医療従事者とのディスカッションによると大きくても縦９ｍ×横６ｍと言われている。[3]そして電子トリアージシステムで求められる精度は誤差が約２ｍ以内程度と言われている。一般的に使用される超音波センサの周波数と計測距離の関係について、超音波ハンドブック[4]などの記載によると、空気中を伝搬する超音波の減衰は周波数などに依存し、使用周波数が４０kHz においては約１０ｍの距離を計測できるが、使用周波数を２５kHz に変更すれば約２０ｍの距離まで計測することができるようになる。この場合トリアージテントの範囲を十分カバーできたと言える。電波併用型超音波測位においても周辺環境による反射などの影響が表れるが、概ね１０ｍの距離であれば誤差範囲内で使用できると言える。

トリアージ実施者が傷病者を特定するために直接触って人体通信を利用する方法[5]も研究されているが、その場合手が塞がってしまい入力が遅れてしまうことも考えられる。ごく近距離においては十分な精度が得られるため、直接触れる代わりに超音波を使用して特定することも考えられる。

文　献

[1] 木山昇,楠田純子,藤井彩恵,内山彰,廣森聡仁,梅津高朗,中村嘉隆,大出靖将,田中裕,山口弘純,東野輝夫,“災害時救急救命支援に向けた電子トリアージシステムの設計開発”,情報処理学会論文誌 Vol.51 No.9,pp.1916-1929,(Sep.2010)

[2] 高畑志生,大矢晃久,“超音波トランスポンダによる特定目標物の位置検出”

[3] 小嶋洋明,高橋祐樹,岡田謙一,“START 法を用いたトリアージ作業支援のための情報提示システムの提案”,情報処理学会論文誌 Vol.53 No.1,pp.450-459,(Jan.2012)

[4] 本多電子株式会社:超音波ハンドブック改訂版 聞こえない音の世界,（オンライン）,入手先 <https://www.honda-el.co.jp/hb/>(参照 2018-12-01)

[5] 西垣正勝,安倍史江,山本匠,藤川真樹,加藤康男,“電子トリアージタグへの情報入力に関する一検討：人体通信と音声入出力の利用”,情報処理学会論文誌 Vol.53 No.9,pp.2182-2193,(Sep.2012)

スマートウォッチを用いた
野球ピッチング支援システムの改良

松本 裕太郎[1]，嶋田 峻也[1]，中山 悠[1]，戸辺 義人[1]，横窪 安奈[1]，Guillaume LOPEZ[1]
1 青山学院大学 理工学部情報テクノロジー学科 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

概要

背景と目的 : 我々は，先に，スマートウォッチを用いた野球初心者のための球速向上支援システムを開発した．この先行開発システムでは，球速推定精度の低さが課題となっていた．本研究では球速推定精度の向上を目的とする．

方法 : スマートウォッチを用いて，野球ピッチングにおける球のリリースポイントを特定し，リリースポイントから球速を推定する．

結果 : 先行研究よりもスマートウォッチの加速度から推定される値と球速との間に，強い相関係数を見出すことができた．

考察とまとめ : 先行研究では着目しなかった“リリースポイント”検出により，球速に最も影響する時点での加速度から、球速推定に優位な結果を得ることができた．

キーワード : スマートウォッチ 野球 球速 投球　リリースポイント

1．はじめに

我々は，スマートウォッチを用いた野球初心者のための球速向上支援システムを開発している[1]．投球フォームから球速を推定する方法として，手首の加速度に加えて，レーザ計測により得られた体幹および前腕の運動の解析結果を用いたり[2]，バイオメカニクスに基づく解析[3]が行われている．これらは専門家の操作が必要な装置を必要としているのに対し，本研究では，簡易に測定が可能なスマートウッチのみを用いた球速推定を行うことを試みる．

我々の先行研究[1] では，腕の回転方向の角速度の最大値から算出される腕速度と実際の球速との回帰を元にしていた．本研究では，角速度が最大になるときが，ボールを離すとき（リリースポイント）になっていないと仮定し，リリースポイント時の特徴量と球速との相関を求めることにより，球速推定の向上を目指す．

2．球速推定システム

本章では，本研究のピッチングにおける球速推定システムの概要を述べる．

2.1 システム概要

ユーザの投球する腕に装着されたスマートウォッチから投球時の加速度を取得する．実際に取得された加速度データを図1に示す．本システムでは一連の投球動作からリリースポイントを自動抽出し，そこから球速推定を行う．動画結果と加速度データを照合し，いくつかの自動抽出案を考案した．z軸加速度の最小時を推定リリース時刻と定義するものを方法1，x軸加速度の最小時を推定リリース時刻と定義するものを方法2とする．

方法2と比較した結果，方法1による推定では実際のリリースとの平均時刻差が$-9.4 \cdot 10^{-2}$[s]という結果を得ることができたので本研究では方法1を用いる．

$a_z(t)$が最小となる時の t を t_0 とする．

$$a_0 = a_z(t_0) \quad (式1)$$

ただし，t_0は推定リリース時刻，a_0は時刻t_0時のz軸加速度である．

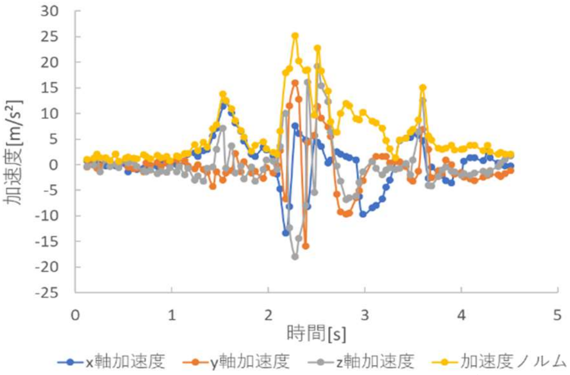

図1 投球モーションにおけるx，y，z軸各加速度，加速度ノルム

2.2 球速推定

被験者12人を対象に1人につき5球，合計60個の加速度データを計測し，推定リリース時刻におけるz軸加速度 a_0 と実球速vの関係を図2に示す．これより推定リリース時刻におけるz軸加速度 a_0と実球速の間に0.74の相関係数と以下の回帰式(式2)が得られた．

$$a_0 = -7.0 \cdot 10^{-4}\hat{v}^2 - 1.5 \cdot 10^{-2}\hat{v} - 8.37 \quad (式2)$$

推定速度$\hat{v}$とa_0は(式2)の回帰式で求まる．

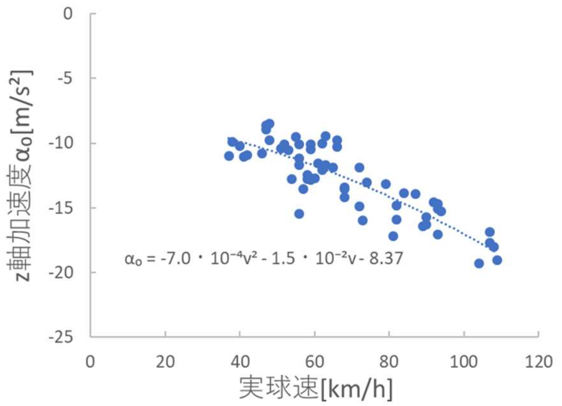

図2　推定リリース時刻におけるz軸加速度と実球速の関係

3．評価と評価手法

3.1 評価

リリースポイントを手動で特定した時と自動抽出したときの時刻の比較，および，本研究において改良したシステムを用いて新たな被験者5人を対象に，1人につき5球の評価実験を行った．

3.2 評価結果

リリースポイントを動画から算出した時刻と t_0の比較を図3に示す．

差の平均は$-9.4 \cdot 10^{-2}$[s]，標準偏差$2.1 \cdot 10^{-1}$となり，十分小さな差に収まっている．我々の先行研究[1]では腕の回転方向の角速度最大値から算出した投球腕速度と実際の球速の相関係数は0.74であったが，改良したシステムを用いて新たに25個のデータを測定した評価実験では，a_0'から求めた推定速度 $\hat{v}'$と実際の球速v'との間に以下の回帰式(式3)と0.76の相関係数を得ることができた．

$$\hat{v} = 9.0 \cdot 10^{-3} v'^2 - 0.6v' + 68.7 \quad (式3)$$

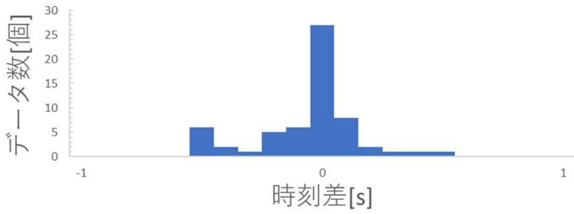

図 3　リリースポイントの手動特定と自動抽出の時刻差

4．むすび

本研究ではリリースポイントがz軸加速度最小時点とほぼ一致していることを示し，その加速度値と実際の球速が高く相関していることを明らかにすることで，球速推定精度の向上に優位な結果を得ることができた．今後は球速向上をアドバイスするシステム構築へと進める予定である．

文献

[1] 橋本謙吾，横窪 安奈，Guillaume Lopez, “スマートウォッチを用いた野球初心者ピッチング支援システムに関する研究”，第 28 回人間情報学会講演集，pp. 7-8 (2018).
[2] 齊藤健治，井上一彦，井上伸一，“加速度センサにより計測した野球投球時の体幹及び前腕の運動と投球スピードの関係”，人間工学，Vol. 48, No.1, pp. 40-47 (2012).
[3] 植屋清見，中村和彦，川村協平,吉原暁憲，渡辺健太郎，“球速を高めるピッチング動作のバイオメカニズム”，日本体育学会，p.553 (1996.8)

プラネタリウム鑑賞時のリラクゼーション効果の検証

江尻綾美 [1,2]　駒澤真人 [3,4]　笠松慶子 [2]
1 コニカミノルタ株式会社 BIC-Japan 〒108-0075 東京都港区港南 1-2-70 品川シーズンテラス 25 階
2 首都大学東京大学院システムデザイン研究科 インダストリアルアート学域　〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6
3 WIN フロンティア株式会社 WN フロンティア研究所　〒100-0006　東京都千代田区有楽町 1-12-1 新有楽町ビル 247
4 芝浦工業大学大学院機能制御システム専攻 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5

概要
本研究では，プラネタリム鑑賞によるストレスケアの可能性に着目し，20 代～40 代の働く女性 20 名を対象に，プラネタリウムプログラムを用いたリラクゼーション効果検証実験を行った．定量評価指標として，体表温度，心拍，心拍変動解析結果（交感神経活性度：LF/HF）を選定し，各対象者のプラネタリウム鑑賞前後の心身の変化を分析した．実験結果より，プラネタリウム鑑賞前と比較して，鑑賞後に体表温度の有意な上昇が見られたことから，プラネタリウム鑑賞によってリラクゼーション効果が高まる可能性が示唆された．また，交感神経活性度(LF/HF)の分析結果から，プラネタリウムプログラム内で投映されるコンテンツのうち，星空や自然の実写映像の投映場面で LH/HF が低くなる傾向が見られたことから，これらの場面を鑑賞しているときにリラックス効果が高まる可能性が考えられた．
今回の実験では，定量評価指標に加え，対象者の月経周期情報，プラネタリウム鑑賞前後の気持ちの変化をアンケート，気分プロフィール検査（POMS2：Profile of Mood States 2nd Edition）にて取得しており，月経周期によるリラクゼーション効果の変化や，定量評価指標との関係性を分析し，今後の検証に役立てる予定である．

キーワード：プラネタリウム，リラクゼーション効果，心拍数，心拍変動解析，交感神経活性度（LF/HF），体表温度

1. 背景と目的

近年，女性特有の健康問題として，月経前症候群（PMS : Premenstrual Syndrome）等の月経前の心身の不快症状による日常生活や就労への影響が顕在化する中，PMS の症状改善には，ストレスマネジメントが重要であることが明らかになってきている[1].

一般に，ストレスマネジメントにおいて，自らのストレスに気づくことと，心身の緊張を緩めるための自分に合ったリラクゼーション方法を取り入れることが良いといわれており，アロマテラピー，ヒーリングミュージック，癒しの映像，温度刺激等の感覚刺激を活用した様々な手法を用いたリラクゼーション効果が明らかになりつつある．

著者らは，女性を対象にした月経周期に応じたストレスケア方法の 1 つとして，プラネタリウム鑑賞によるリラクゼーション効果に着目し，20 代～40 代の働く女性 20 名を対象にした実証実験を行った．

本研究では，実験結果のうち，心拍，交感神経活性度，体表温度の変化をもとにした全体傾向の分析結果から，プラネタリウムのリラクゼーション効果を検証した．

2. 検証方法

本研究では, コニカミノルタプラネタリウム“天空” in　東京スカイツリータウン®で上映中の２つのプログラムを用いて実験を行った（表１参照）.

検証対象者は，機縁により選定し，実験内容，個人情報の取り扱いの同意を得た上で，リラクゼーション効果検証実験を行った．

実験は 1 人当たり 2 回に分けて行い，各回異なるプログラムを用いて，各対象者のプラネタリウム鑑賞前後の心身の変化を定量評価により分析した．定量評価指標として，体表温度，心拍，心拍変動解析結果（交感神経活性度 : LF/HF）を選定し，データ測定及び解析には，ウェアラブル心拍センサー（ユニオンツール株式会社製）と解析ソフトウェア（WIN フロンティア株式会社製）を採用した．対象者はそれぞれ左胸下部分にセンサーを直接貼り付けた状態で実験を行い，終了後にセンサーを回収しデータを取得した．また，対象者のプラネタリウム鑑賞前後の気分の変化をアンケートにて抽出し，分析に活用した．

上述の心拍変動解析結果は，センサーで得られた心拍情報をもとに，周波数分析手法[2]を用いて，低周波成分（LF），高周波成分（HF）を算出し，LF/HF の値から交感神経活性度を分析した．なお，交感神経活性度は，緊張，集中，興奮，高揚を表す指標として用いられており，本研究ではリラクゼーション効果の検証にあたり，LF/HF の低下度合いを確認した．

表 1　実証実験に用いたプラネタリウムプログラム

コンテンツ	特徴
プログラム A（アロマ無）	光学式星空映像とデジタル映像を組み合わせたプログラム．フランスを舞台にしたコンテンツ構成で, セーヌ川越しのパリの夜景, 夜空に浮かぶモンサンミッシェル，ピック・デュ・ミディ天文台から見える満天の星々の美しい光景等の実写映像を用いることでフランスを旅している感覚が味わえる内容であることが特徴.
プログラム B（アロマ有）	光学式星空映像とデジタル映像の組み合わせに加え, 2 種類のアロマを交互に用いることでヒーリング効果を高めているプログラム．列車に揺られながら, 日常を離れ, 懐かしい鉄道風景の数々や夜空に広がる美しい星空の世界への没入感を体感できる内容であることが特徴.

3. 分析結果と考察

プログラム A，プログラム B について，それぞれ，プログラム鑑賞開始直後（Scene1），プログラム前半（Scene2：プログラム開始から 10 分後），プログラム

後半（Scene3：プログラム終了 10 分前），プログラム鑑賞終了直前（Scene4）の 4 つのシーンで得られた定量評価指標の測定結果について，One-way repeated measures ANOVA の後，多重比較検定を行った．分析には IBM SPSS Statics Subscription を用い，検定水準は有意差 5%とした．

対象者 20 名のプログラム A，B 閲覧時の体表温度，心拍，交感神経活性度（LF/HF）の平均値の分析結果から，体表温度，交感神経活性度（LF/HF）は次の傾向が見られた．なお，心拍数に関してはプログラム鑑賞中に大きな変化が見られなかった．

（1）体表温度の傾向

いずれのプログラムも Scene1 のプログラム鑑賞開始直後と比較し，Scene4 のプログラム鑑賞終了直前時に温度が有意に高い傾向が見られた．特にアロマを用いたプログラム B では，プログラムの前半から，温度が有意に高い傾向が見られ，プログラム終了まで温度が上昇する傾向が見られたことからリラクゼーション効果が高まっている可能性が示唆された．(図 1, 図 2)．

また，二つのプログラム鑑賞による体表温度の比較結果からは，プログラム B のほうが，早いタイミングで体表温度が上昇し，かつ温度上昇幅が大きい傾向が見られた（表 2）．

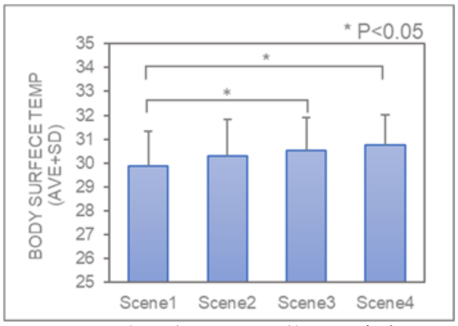

図 1 プログラム A の体表温度変化

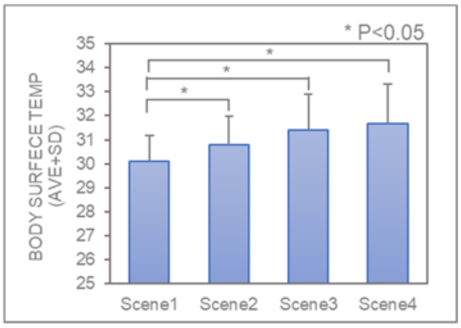

図 2 プログラム B の体表温度変化

表 2 体表温度の変化（Scene1 との比較）

	Scene1	Scene2	Scene3	Scene4
ProgramA	29.9 ℃	+0.4 ℃	+0.6 ℃	+0.9 ℃
ProgramB	30.1 ℃	+0.7 ℃	+1.3 ℃	+1.6 ℃

（2）交感神経活性度（LF/HF）の傾向

プログラム A, B の交感神経活性度の変化において，有意差は認められなかったが，それぞれ異なる特徴が見られた．プログラム A では，Scene2, Scene4 で LF/HF の平均値が低くなった一方で，プログラム B では Scene1，Scene2 で LF/HF の値が低くなる傾向が見られた．

それぞれのプログラムにおいて，LF/HF が低い傾向，高い傾向が表れた要因を分析するために，対象者それぞれの計測データから，LF/HF が低くなったタイミング，高くなったタイミングのプラネタリウムの投映場面を抽出した．

LF/HF の値が低い傾向の投映場面として，星空，自然の実写映像や，デジタル映像から光学式投影に切り替わった後の星空映像の場面が抽出された．加えて，光学式投影映像の場面では映像のバックで流れている音楽，音声の影響が大きく，歌が流れる場面，ピアノによる音楽，ナレーションと音楽の状態からインストルメンタルの音楽に切り替わった場面では LF/HF の値が低くなる傾向が見られた．

LF/HF の値が高い傾向の投映場面として，光学式投影中に現れる星空映像が回転する場面や，テロップが表示される場面が抽出された．また，プログラム B ではアロマの香りが切り替わった後の場面でも LH/HF が高い傾向が見られた．一方，これらの場面においても，対象者の心拍数に大きな変化が無かったことから，対象者は，LF/HF が高い状態ではあるが，心拍数が落ち着いている場合の良いストレス状態 [3]で鑑賞していた可能性が考えられた．とりわけ，光学投映式の星空映像による環境下に一定時間以上いる場合，その環境に新たに加わった聴覚，嗅覚，視覚に集中しやすくなる可能性が示唆された．

4. 結論

本研究では，プラネタリウム鑑賞によるリラクゼーション効果を用いたストレスケアの可能性を明らかにするために，働く女性を対象にした実験を行い，定量評価指標から得られた効果を分析した．

体表温度の計測結果より，プラネタリウム鑑賞によってリラックス効果が高まる可能性が示唆された．また，交感神経活性度(LF/HF)が低い傾向，高い傾向が見られた投影場面を抽出し，リラクゼーション効果が高まる場面，集中状態にあるときの特徴場面を考察した．

今回の実験では，定量評価指標に加え，対象者の月経周期情報，プラネタリウム鑑賞前後の気持ちの変化をアンケート，気分プロフィール検査（POMS2：Profile of Mood States 2nd Edition）にて取得しており，月経周期によるリラクゼーション効果の変化や，定量評価指標との関係性を分析し，今後の検証に役立てる予定である．

文　献

[1] 渡邊 香織，戸田 まどか，西海 ひとみ，岡田 公江，奥村 ゆかり，“月経前症候群におけるストレスと生活習慣との関連分析”,母性衛生 52 巻 4 号 pp. 437-443, 2012.

[2] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Circulation, 93, 1043-1065.

[3] 駒澤真人，板生研一，畝田一司，羅志偉：”心拍変動と心拍数を組み合わせたストレス評価に関する検討”，第28 回人間情報学会発表集, pp. 3 – 4, 2017.

永久磁石を組み込んだサポートウェアの疲労回復における効果検証

石井峻 [1]　Guillaume Lopez [1]

1 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科　〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

概要
本研究では、日常的にサッカーを行う男性 24 名を対象とし、永久磁石を組み込んだサポートウェアの疲労回復効果を、生体センサを用いた心拍変動解析により検証した。連続した 4 日間にわたり、運動後から夕食時まで約 2 時間永久磁石を組み込んだサポートウェアを着用するグループと着用しないグループに分け、運動前、運動後、着用後と 3 回脈波を計測し、心拍変動解析により肉体的・精神的疲労に相関するといわれるトータルパワー（TP）を算出した。その結果、永久磁石を組み込んだサポートウェアを着用したグループの方が着用していないグループに比べ、運動前の TP に対する着用後の TP の割合がより高いことが分かった（統計的有意差が確認できた)。本実験結果より、永久磁石を組み込んだサポートウェアの着用が、高強度の運動後において肉体的・精神的にも疲労回復の効果を示唆する傾向がみられた。

キーワード：心拍変動解析 永久磁石 サポートウェア 疲労回復

1. 背景と目的

近年、健康問題に対する改善と予防が大きな課題として取り上げられている。この問題の対策として、健康を増進し病気の発症自体を予防することが特に重要になる。そこで現在 Quantified Self（QS：自己の健康状態や行動を定量化する）と呼ばれる動きが本格的に始まり、フィットネスのアプリケーションや活動をモニタリングするデバイスを用いた健康づくりへの参画が奨励されている。

これに伴いウェアラブル技術の急速な発展が進み、運動を記録するだけのものだけでなく、自己の健康状態やライフスタイルなどを追跡、モニタリングする多様なデバイスが数多く存在してきている。ウェアラブル技術は、健康増進プログラムへの参加やアクティビティの実施検証に使用することができるが、ウェアラブルデバイスの精度を実証する正式な研究はほとんどされていないのが現状である。

一方、スポーツを行う誰しもが少なからず現状よりも競技力を高めたいと考えてトレーニングに取り組むと思われる。また、競技力を向上するうえで、とくに身体の疲労管理（蓄積しない、早期回復するなど）がとても重要である。近年、様々なサポートウェアがアスリートおよび一般者に普及してきている。特に、多くの商品は「血行改善」「コンプレッションフィット」「水分コントロール」などの目的で開発されている医療用途のものからの展開であるが、実際に疲労に対する効果が検証されていない。その疲労に対する効果を定量的に把握することで、使い方の最適化も可能になる。

本研究ではスポーツ競技において生体センサを用いることで、永久磁石を組み込んだサポートウェアの着用は、疲労に対してどんな効果があるのかを定量的に評価することを目的としている。

2. 試験内容

2.1 被験品の概要

株式会社コラントッテ製の X1 カーフサポートタイツを用いる[1]。本製品は、ふくらはぎに密着したタイツとそれに搭載されているフェライト永久磁石の磁力によって装着部位の血行改善と、筋肉のコリの回復を促すことを目的とした医療機器である。フェライト永久磁石を N 極と S 極で交互に配置させ、点ではなく面での効果を得ることが可能となっている。なお、上記の効果は直接身体および精神の疲労回復にも効果的かどうかは明確になっていない。

2.2 実験の流れと被験者選定

今回は日常的にサッカーを実施しているサッカー部所属の 18〜22 歳の男性 24 名を対象に実験を行った。図 1 で示す流れにて連続する 4 日間実験を行った。実験は十分な疲労が蓄積されると考えられる夏季合宿期間中に行った。被験品の着用時間は運動後から夕食時までおよそ 2 時間とし、4 日間同じ被験者が同じ時間で着用した。群分けにより、被験品着用群は 12 名、未着用群を 12 名ランダムに選定した。運動前と運動後、被験品着用後の夕食時に生体センサと携帯端末を用いて脈波を 2 分程測定した。なお、試合に出場していない選手も相当のトレーニングを行った。

測定1	運動1	昼食	運動2	測定2	着用	測定3

運動 1：60 分のウォーミングアップ、90 分の試合
運動 2：30 分のウォーミングアップ、90 分の試合

図 1．実験の流れ

2.3 疲労評価方法

本試験では被験者の生体情報を測定するために、図 2 で示す専用の指尖脈波センサ（WIN フロンティア株式会社製）を使用した[2]。上記のセンサから脈拍数や心拍間隔データを測定し、心拍変動解析より交感神経系活動及び副交感神経系活動等の自律神経系機能の活動を解析した[3]。

自律神経系活動指標の LF（高周波）/ HF（低周波）の値は交感神経系機能の指標として用いられ、値が大きいほど緊張、興奮、ストレスを表す指標として用いられている[4]。一方、HF の値は副交感神経系機能の

指標として用いられ、値が大きいほどリラックスしている状態を示す。また、LF と HF の総和はトータルパワー（TP）と呼ばれ、自律神経系の活動量を表す指標とされている[4]。この TP は肉体的・精神的な疲労と相関しているといわれ、値が小さいほど疲労が蓄積されている状態を示すとされている[5]。

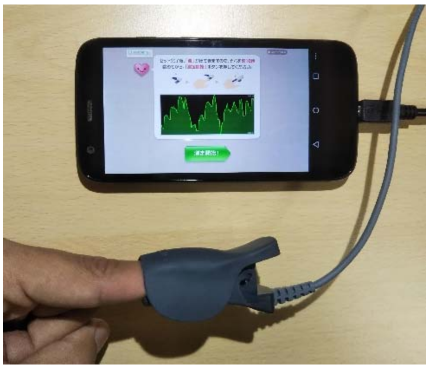

図２．指尖脈波センサを装着した状態と計測する際のアプリケーションソフトウェアの画面

3.　実験結果

脈波センサを用いて測定した結果の TP を表 1 に示す。その結果、被験品着用群は未着用群に比べて、運動前に対する運動後の TP が高い傾向がみられた。

表１．脈波センサの測定結果（TP）

	被験品着用群		未着用群	
測定タイミング	平均	標準偏差	平均	標準偏差
運動前	20.69	5.39	23.31	4.36
運動後	16.64	7.46	16.43	6.24
着用後	20.56	5.52	20.72	5.28

次に、運動前や運動後に比べて着用後は自律神経系機能がどう変化したかを明確化するために、次の 2 つの指標を定義し、その結果を表 2 に示す。

a.　疲労回復率：運動前の TP に対する着用後の TP の割合（着用後の TP / 運動前の TP）

b.　疲労軽減率：運動後の TP に対する着用後の TP の割合（着用後の TP / 運動後の TP）

疲労回復率は値が大きいほど疲労回復の効果が高いことを示し、疲労軽減率は値が大きいほど疲労が軽減されていることを示す。各測定値の変化量として差ではなく割合を用いたのは、運動前の TP において個人差があるためである。

t 検定の結果、疲労回復率では未着用群に比べ被験品使用群の方が有意に高いという傾向がみられた（片側検定 p 値= 0.05 ※片側検定有意水準 5%）。また、疲労軽減率では被験品着用群は未着用群に比べ高いという傾向がみられたが、有意差はみられなかった（片側検定 p 値= 0.26）。

表２．TP における変化率の比較

	被験品着用群	未着用群
	平均	平均
疲労回復率	1.02	0.92
疲労軽減率	1.87	1.57

以上の結果より、TP で示される自律神経系の活動は被験品の着用により活発になると考えられる。また、自律神経系機能は、肉体的な状態のみならず精神的なストレス、疲労も影響を受けていると言われている[6]。

4.　結論

本研究では、日常的にサッカーを行う男性 24 人を対象とし、永久磁石を組み込んだサポートウェアによる疲労回復効果を、生体センサを用いた心拍変動解析より検証した。

運動後に約 2 時間サポートウェアを装着した後の脈拍センサの結果では、被験品を着用することにより、運動前の TP に対する着用後の TP の割合が高まる傾向がみられた（統計的な有意差がみられた）。

本実験結果より、永久磁石を組み込んだサポートウェアの装着が、高強度の運動後において肉体的・精神的にも疲労回復効果を示唆する傾向がみられた。

しかし本研究では被験品着用群と未着用群で比較をしており、得られた効果がサポートタイツの圧迫によるものであるのか、もしくは永久磁石によるものであるかは今後永久磁石を除いたサポートタイツを用いて検証していく必要がある。

文　献

[1]　株式会社コラントッテ, “X1 カーフサポートタイツ”, https://www.colantotte.jp/products/x1/calf_suppoter.html

[2]　WIN フロンティア株式会社, “Lifescore Quick”, http://www.winfrontier.com/sub/lifescorequick.html

[3]　駒澤真人, 板生研一, 小西達也, 高橋義宣, 杉山芙沙子, 平田盛子: アンセリン含有サケエキス摂取による心拍変動解析を用いた抗疲労効果の検討, 第 25 回人間情報学会講演会オーラルセッション(2016).

[4]　Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, “Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use” Circulation, 93: 1043-1065(1996).

[5]　倉恒弘彦: 自律神経異常を伴い慢性的な疲労を訴える患者に対する客観的な疲労診断法の確率と慢性疲労診断指針の作成, 厚生労働科学研究障害者対策総合研究事業（精神の障害/神経・筋疾患分野）, 平成 21-23 年度総合研究報告書(2011).

[6]　Tatsushi Onaka, “Stress and its neural mechanisms.”, Journal of Pharmacological Sciences, 126(3): 170-173(2005).

在宅リハビリの実現に向けた支援システムの検討

棚橋優[1],駒澤真人[12],藤本鎮也[3],菅谷みどり[1]
1 芝浦工業大学 工学部 情報工学科 基盤ソフトウェア研究室 〒135-8548 江東区豊洲 3-7-5 研究棟 14A32
2 WIN フロンティア株式会社 〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 新有楽町ビル 247
3 人間総合科学大学 保険医療学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻 〒339-8555 埼玉県さいたま市岩槻区太田字新正寺曲輪 354 番 3

概要：
近年の高齢者人口増加に伴い、リハビリの支援を必要とする高齢者も増加している。しかし、医療機関が限られていることや医療費が高額であるなどの問題がある。そこで、在宅など専門の支援者が居ない環境でもリハビリ効果が測定できることが期待されている。本研究では患者の筋電位や心拍変動から、疲労度合いを検出し，リハビリの効果を測定できるシステムの開発を目的とする。測定システムの実現にあたり、Brog スケールを用いた主観的な疲労評価をリアルタイムで取得し、筋電位・心拍変動の相関を分析するものとした。
キーワード：筋電位解析　心拍変動解析　自律神経活動

1. 研究の背景と目的

近年，日本は高齢化が進み 2025 年までに，高齢者人口が全体の約 30%に達するなど超高齢社会に突入している．それに伴いリハビリテーション(以下，リハビリ)の支援を必要とする患者が増加している．しかし，リハビリが行える医療機関が限られていることや，医療コストが高額であることから，回復の可能性があるにも関わらずリハビリを行えないリハビリ難民と呼ばれる高齢者も増加している．そこで，病院以外の施設や在宅など，専門の支援者が居ない環境においても，リハビリの効果を測定できることが期待されている．

支援システムの研究として，森雅也らは慣性センサを用いて，運動動作の種類･回数･消費カロリーなどの計算をリアルタイムに行えるシステムを構築した[1]．しかし，リハビリに特化しているものではない．また在宅リハビリの実現に向けた研究として，武井らはリハビリ効果の測定方法として疲労解析手法を提案し上腕二頭筋･下腿三頭筋に負荷をかけた際の脈拍･表面筋電図から疲労を計測した[2]．しかし上腕二頭筋にのみしかその手法の有用性が示されていない．これは，下腿三頭筋は恒常的に使用している筋肉のため疲労をかけにくいことや，脈拍では疲労との関連が明確にされなかったことがあげられる．そこで本研究ではこれらの提案を改善した疲労解析手法を用い，リハビリの効果を測定するシステムの開発を目的とする．

2. 提案

2.1 提案概要

目的を達成するため，疲労検出対象の筋肉を歩行に使用し疲労をかけやすい前脛骨筋とし，胸部に装着した心拍センサで測定した心拍変動を使用する[3][4]．筋電位の指標として遅筋･中間筋･速筋の使用比率を算出する．遅筋は持続的に使用される筋肉であり，速筋は瞬発的に使用される筋肉である．心拍変動の指標には LF/HF，TP を使用する．LF/HF の値は交感神経活動の指標として用いられ，値が大きいほど緊張，興奮，ストレスを表す．また TP(Total Power)は自律神経の活動量であり，LF と HF の和で表す．一般に値が小さいと疲労があるとされる[5]．データ取得をするセンサー一覧を表 1 に示す．

表 1　センサー一覧

使用センサ	装着部位	指標	利用目的
筋電位センサ (EMG Detector)	上腕二頭筋	筋繊維比率	筋疲労を解析
心拍センサ (myBeat)	胸部	TP LF/HF	自律神経疲労を解析

2.2 解析手法

筋電位･心拍変動の解析手法を図 1 に示す

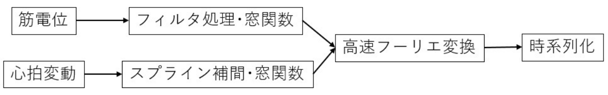

図 1 解析手順

3. 予備実験

3.1 予備実験の概要

筋電位と心拍変動から疲労検出する予備実験を行った(協力者は 20 代男性 4 名)．前脛骨筋の負荷の有無による実験協力者の筋電位･心拍変動を取得する

3.2 予備実験の手順

実験協力者に以下の手順を行ってもらった．

(1)1 分間安静の後，負荷無しで前脛骨筋の筋電位･心拍変動を計測する．(2)1 分間の安静の後，前脛骨筋に負荷をかけるため膝に 20kg の重りを置きつまさきを上げる動作を続ける．(1)(2)の間には 5 分間の休息を置いた．

3.3 予備実験の結果

図 2 は被験者の筋繊維比率の推移である．負荷の有無によって遅筋の成分(青)が高いことがわかる．また，図 3 は被験者の LF/HF の推移とその線形近似直線であり，負荷の有無によって近似直線の上昇傾向がみられたことから時間経過とともにストレスを感じていると考えらえる．図 4 は TP の推移とその線形近

似直線である．負荷有の状態では，TP がピーク後に急激に低下している．

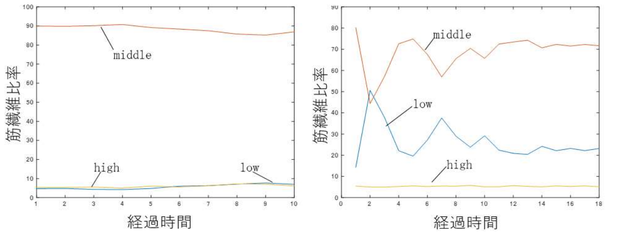

図２　筋電位の筋繊維成分(左：負荷なし，右：あり)

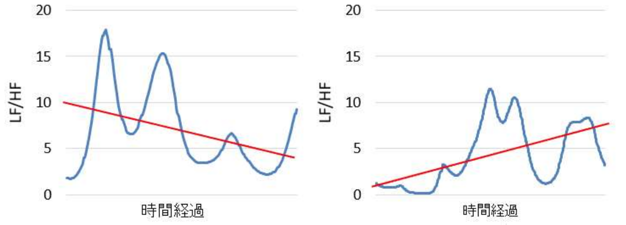

図３　LH/HF と線形近似直線(左：負荷なし，右：あり)

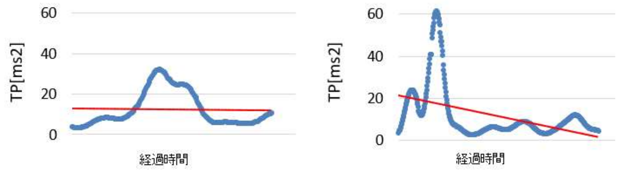

図４　TP と線形近似直線(左：負荷なし，右：あり)

3.4 予備実験の課題

負荷の有無により筋繊維比率の違いは見られたが，本来であれば遅筋(青)は時間経過とともに増加していくものである．今回その現象が起こらなった原因として，遅筋を使い続けるほどの負荷ではなかったことが考えられた．

4.　予備実験２

4.1 予備実験２概要

予備実験１では前脛骨筋に 20kg の負荷をかけたが，これ以上の負荷は過度な負荷であり，リハビリにおいては適切ではなく，軽度な負荷であっても疲労を検出できる必要がある．そこで武井らの研究で疲労解析手法が優位と示された上腕二頭筋に負荷をかけ，その際に疲労の主観評価をリアルタイムで取得し解析結果との相関を分析する実験を行った(協力者は，成人男性 3 名)．疲労の主観評価にはBrog スケールを使用した．Brog スケールは自覚運動強度を示す指標である．　また，心拍変動について時間経過の推移をみるのではなく，負荷時と負荷後における平均値を比較する分析を行った．

4.2 予備実験２の手順

実験協力者に以下の手順を行ってもらった．

(1)3 分間の安静時間をとる．(2)3 分間 5kg の負荷を上腕二頭筋にかけ，15 秒ごとに Brog スケールを入力する．(3)負荷後，3 分間の安静時間をとる．

4.3 予備実験２の結果

図６は被験者が入力した Brog スケールの値であるが，負荷の途中で最大値の 20 を入力が続き，筋繊維比率との相関が見られなかった．図7・図８はそれぞれ負荷中・負荷後の自律神経指標の平均の比較である．この被験者の例では，負荷中にストレスを感じはじめ，負荷後に疲労を感じている結果となった．しかしこの結果は被験者全体の傾向として得られたものではない．また，心拍変動の指標に関しては，外的要因による影響が出た可能性がある．

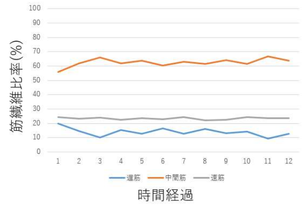

図５ 筋繊維比率の推移

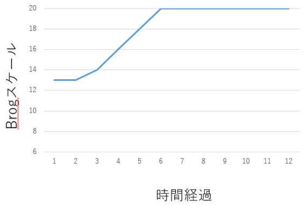

図６ Brog スケール推移

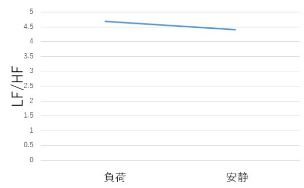

図７ LF/HF 平均の比較

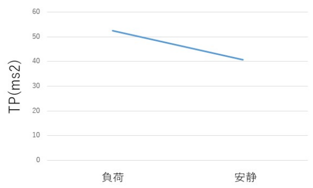

図８ TP 平均の比較

5.　まとめと今後の課題

予備実験 1，2 を通じて，提案した指標が疲労の説明変数となり得ることが示唆された．これらの指標で得られた値をもとに，在宅でのリハビリを支援するには，リハビリ効果の判定指導のもとに行ったリハビリと，在宅でのリハビリによる解析結果を比較し，それらの差分をフィードバックすることが有効である．実施者は，システムのフィードバックによりリハビリの効果を定量的に理解することで，より，高い効果を目指してリハビリを実施することができる．よって今後は，正解と仮定する負荷・誤りと仮定する負荷を上腕二頭筋にかけたときの解析結果に判別分析を行い，負荷が未知であるデータに対して，正解か誤りかの判定が可能であるかを検討する．

6.　参考文献

[1]　森雅也 大前佑斗.畳込みニューラルネットワークと慣性センサによる運動支援システムの構築 情報処理学会第80 回全国大会,3 月 13-15 日,東京,西早稲田キャンパス
[2]　武井祐一 ほか.在宅リハビリ実現に向けた疲労測定手法(知的環境とセンサネットワーク).電子情報通信学会技術研究 報告信学技報.2018,vol.117,no.451,p.221-227.
[3]　人間科学総合大学 保険医療学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻 藤本鎮也先生より(2018/6/7)
[4]　小林宏光，他．脈拍数測定の正確さと測定時間との関係．日本看護研究学会雑誌．2009, vol32, no.1, p1_131-1_136
[5]　山田晋平，他，精神疲労を評価する指標の探索，人間工学，2012, vol48, no6, p295-303

花卉管理マニュアル作成に向けた消費者意識実態調査

鈴木智久[1]　川原靖弘[1]
1 放送大学大学院文化科学研究科　〒261-8586　千葉市美浜区若葉 2-11

概要
　人間のストレスに対する花の生理的リラックス効果が証明される一方で、置き場所や管理方法の知識不足に悩む実態がある。そこで理解度に応じた花卉管理マニュアル作成に向け、消費者の花に対する意識実態の基礎的な知見を得るために、花に対しての意識に関する評価因子の抽出を行い、その評価因子を用いたアンケート調査を実施し因子分析により、一般消費者と花と積極的に関わる消費者の意識について比較した。
　その結果、一般消費者は花と積極的に関わる消費者と比較して「手軽さ」「感情移入」「装飾・贈答」についての意識が高く、「長く持つ」「かわいい」についての意識は同程度であり、明らかに異なることがわかった。
　以上の点を踏まえて、一般消費者を対象とした新たな花卉管理マニュアルを作成する場合には、特に「手軽さ」及び「長く持つ」という 2 因子を重要視する必要があると考えられる。

キーワード：　花、消費者、意識実態、因子分析
特記事項：放送大学研究倫理委員会承認登録番号 22

１．背景と目的

　人間のストレスに対する植物の役割については、特に生花の視覚刺激が人間の生理的リラックス効果があることが最近証明された[1]。また、室内緑化植物の利用実態および室内緑化に対する意識についてアンケート調査を実施した研究では、インテリアとして、または安らぎのために置くことが多かったが、日当たりやスペースの関係で望む場所に置けない実態と管理方法の知識不足で枯死させることに悩んでいることが明らかにされている[2]。また、室内植物が人間の心身に及ぼす影響についての先行研究をまとめた報告では、職場や学校、病院における研究結果は効率性向上など評価が容易であり、良い影響を及ぼす事が明らかになっている一方､居住空間では調査方法及び評価が難しく、知見が少ないことから、室内植物に対する主体的な関わりが心身に及ぼす影響の検討を更に進めていく必要がある[3]、としている。本研究では、居住空間において人間が花に対して、どのようにとらえ、どう接しているかについて、花と積極的に関わる消費者と一般消費者を対象とする意識実態調査を実施し、理解度に応じた花卉管理マニュアル作成のための基礎的知見を得ることを目的とする。

２．対象と方法

　瀧戸ら[4]の手法を参考に 1）評価グリッド法を参考にした花に関する評価因子の抽出を目的とした予備調査の実施、2）評価因子を用いたアンケート調査を行い、分析を進めた。

2.1.　予備調査

　この調査では、メールによる評価グリッド法の効果的な活用方法の構築を行った宇治川ら[5]の方法を参考に、花に対する意識に関する評価因子の抽出を行った。
　調査は鉢花生産法人の雇用者の女性 48 名に対して実施した。3 品目の鉢花を記述したあと、その順位づけの理由について、文章を補完する形で記述してもらう方法で行った。調査後、記述した内容を基に、得られた評価項目について､心理評価（情緒)､機能要求（行動や状態の記述）及び性能項目（物的特性）に区別した表を作成した。

2.2　本調査

　予備調査で得られた評価因子を活用し、瀧戸らがメール調査で用いた、評価対象である現在のライフスタイルに関して、先に抽出したライフスタイル評価因子にどの程度当てはまるかを 6 段階で評価する手法[4]を参考に、アンケート調査用紙を作成した。
　この調査では、評価対象である花を 3 品目記述したあと、各々について、その花を購入する理由もしくは選ぶ理由について、予備調査で抽出した評価因子がどの程度当てはまるかを「すごく当てはまる」、「当てはまる」「やや当てはまる」「やや違う」「違う」「全く違う」の 6 段階で評価させた。また、花の管理の理解度については、鉢花の置き場所を質問し、回答の有無や詳細な記述を行えるかで判断した。
　調査は、2018 年 7 月 14 日に栃木県栃木市のとちぎ花センターのボランティアスタッフ 30 名､8 月 5 日に、同センターの園芸教室参加者 27 名、8 月 10 日に、同センターのイベントに訪れた来客者 30 名、10 月 14 日に､同センターのイベントに訪れた来客者 25 名に対して実施した。
　データ分析には、統計ソフトウェア R の psych パッケージを使用した。最尤法･oblimin 斜交回転による因子分析を行い、花と積極的に関わる消費者と一般消費者の 2 群比較を行った。

３．調査結果

3.1.　予備調査

　回答から得られた評価項目を示す（表 1)。人数に対し、有効回答数は少なかったが 15 項目を抽出した。行動や状態を示す機能要求が多かったが、心理評価や性能項目に相当する項目も一定数の回答があった。

表 1　予備調査から得られた評価項目

心理評価（情緒）	機能要求（行動や状態の記述）	性能項目（物的特性）
好き(3)	かわいい(4)	花色が豊富
長く楽しめる(3)	プレゼントでもらう(3)	花の咲く期間が長い
家族が好き	季節的(2)	長持ちする
親しみやすい	きれい(2)	鮮やか
	育てやすい	
	手入れが楽	
	花がかわいい	
	安い	

注：（）内は記述した人数、（）のない項目は１名

3.2.　本調査

　基本統計量として平均値と標準偏差を示す（表 2、表 3)。どちらの調査においても評価項目「プレゼント」が「2　ややあてはまる」と「3　やや違う」の間の水準であった。花と積極的に関わる消費者の調査では

表２　花と積極的に関わる消費者の基本統計量

評価項目	水準（１－６）	平均値	標準偏差
1 かわいい	当てはまる－違う	2.28	1.67
2 好き	当てはまる－違う	1.95	1.41
3 きれい	当てはまる－違う	2.22	1.70
4 手入れが楽	当てはまる－違う	2.83	1.72
5 長く楽しめる	当てはまる－違う	2.65	1.73
6 親しみやすい	当てはまる－違う	2.53	1.75
7 プレゼント	当てはまる－違う	3.77	1.89
8 花がかわいい	当てはまる－違う	2.40	1.74
9 花色が豊富	当てはまる－違う	2.77	1.85
10 鮮やか	当てはまる－違う	2.52	1.78
11 花の咲く期間が長い	当てはまる－違う	2.81	1.79
12 長持ちする	当てはまる－違う	2.85	1.81
13 安い	当てはまる－違う	3.33	1.76
14 家族が好き	当てはまる－違う	3.24	1.83
15 季節的	当てはまる－違う	2.55	1.82

表３　一般消費者の基本統計量

評価項目	水準（１－６）	平均値	標準偏差
1 かわいい	当てはまる－違う	1.84	1.02
2 好き	当てはまる－違う	1.59	0.79
3 きれい	当てはまる－違う	1.63	0.83
4 手入れが楽	当てはまる－違う	2.33	1.30
5 長く楽しめる	当てはまる－違う	2.31	1.28
6 親しみやすい	当てはまる－違う	1.93	1.16
7 プレゼント	当てはまる－違う	3.48	1.70
8 花がかわいい	当てはまる－違う	1.94	1.21
9 花色が豊富	当てはまる－違う	2.45	1.54
10 鮮やか	当てはまる－違う	1.97	1.21
11 花の咲く期間が長い	当てはまる－違う	2.52	1.39
12 長持ちする	当てはまる－違う	2.36	1.32
13 安い	当てはまる－違う	2.32	1.36
14 家族が好き	当てはまる－違う	2.61	1.45
15 季節的	当てはまる－違う	2.16	1.42

更に「安い」と「家族が好き」も同じ水準であった。一方、「1　当てはまる」と「2　やや当てはまる」の間の水準の評価項目について、花と積極的に関わる消費者の調査では「好き」のみであるのに対して、一般消費者の調査では「かわいい」「好き」「きれい」「親しみやすい」「花がかわいい」「鮮やか」と多い傾向を示した。

また、全ての調査対象者における因子分析を行った結果を示す (表 4)。寄与度の高い順に、第 1 因子は「手入れが楽」「安い」「親しみやすい」の項目から「手軽さ」に関する因子、第 2 因子は「花の咲く期間が長い」「長持ちする」などの項目から「長く持つ」ことに関する因子、第 3 因子は「好き」「きれい」の項目から「感情移入」に関する因子、第 4 因子は「かわいい」「花がかわいい」の項目から「かわいい」に関する因子、第 5 因子は「鮮やか」「季節的」などの物的特性および「家族が好き」「プレゼント」などの項目から「装飾・贈答」に関する因子の合計 5 因子で説明できるという特徴を持つことがわかった。

また、各因子の得点について、花と積極的に関わる消費者群と一般消費者群の 2 群比較を t 検定で行った（表 5)。その結果、「手軽さ」「感情移入」「装飾・贈答」に関する平均値は花と積極的に関わる消費者が一般消費者と比較して有意に高い傾向が認められた。

４．考察

予備調査では記述式で評価項目を抽出するにあたり、ある程度花に関する知識と消費者の意識を併せ持つと

表４　全調査対象者における因子分析結果

評価項目	第１因子	第２因子	第３因子	第４因子	第５因子	共通性
4 手入れが楽	0.83	0.02	0.02	0.07	0.00	0.75
6 親しみやすい	0.46	0.08	0.33	0.03	0.28	0.70
13 安い	0.71	0.08	-0.13	0.11	0.15	0.62
5 長く楽しめる	0.42	0.49	0.17	-0.07	-0.13	0.64
9 花色が豊富	-0.18	0.36	0.11	0.34	0.23	0.55
11 花の咲く期間が長い	-0.02	0.87	-0.07	0.09	0.03	0.78
12 長持ちする	0.36	0.59	0.12	-0.10	0.05	0.73
2 好き	-0.02	-0.05	0.91	0.01	0.04	0.82
3 きれい	-0.05	0.11	0.60	0.27	0.01	0.71
1 かわいい	0.16	0.07	0.27	0.61	-0.23	0.68
9 花がかわいい	0.05	0.00	0.00	0.86	0.11	0.84
7 プレゼント	-0.18	0.29	0.03	0.01	0.32	0.23
10 鮮やか	-0.14	0.32	0.27	0.18	0.37	0.65
14 家族が好き	0.18	-0.02	0.11	0.03	0.60	0.52
15 季節的	0.15	0.04	0.03	0.09	0.57	0.47
因子寄与	2.15	2.20	2.02	1.83	1.49	

想定される鉢花生産法人の雇用者を調査対象とした。また本調査での基本統計量においては、一般消費者の方が花と積極的に関わる消費者と比較して、用いた評価項目がより当てはまる傾向であり、本調査の評価項目の多くは一般消費者の意識に近いことが示唆された。

全ての調査対象者による因子分析の結果、「手軽さ」「長く持つ」「感情移入」という 3 因子が重要視されており、さらに各因子の得点について 2 群比較を行った結果、一般消費者は花と積極的に関わる消費者と比較して「手軽さ」「感情移入」「装飾・贈答」についての意識が高く、「長く持つ」「かわいい」についての意識は同程度であり、明らかに異なることがわかった。

以上のことから、花弁管理マニュアル作成の視点から、一般消費者を対象とした場合は、特に「手軽さ」と「長く持つ」という 2 因子を重要視する必要があると考えられる。

表５　各因子の得点におけるｔ検定結果（2 群比較）

因子	群	平均	標準偏差	t
手軽さ	花と積極的に関わる消費者	8.25	4.09	3.34**
	一般消費者	6.83	3.47	
長く持つ	花と積極的に関わる消費者	10.39	5.45	1.34
	一般消費者	9.65	4.27	
感情移入	花と積極的に関わる消費者	3.93	2.64	3.14**
	一般消費者	3.19	1.46	
かわいい	花と積極的に関わる消費者	4.28	2.81	1.87
	一般消費者	3.77	1.98	
装飾・贈答	花と積極的に関わる消費者	11.47	5.33	2.96**
	一般消費者	9.95	3.73	

(**P<.01)

文　献

[1] 池井晴美・李　宙営 他, “バラ生花の視覚刺激がもたらす生理的リラックス効果”,日本生理人類学会誌 18(3),97 −103,2013

[2] 下村　孝・黒宮ゆかり・上町あずさ, “家庭における室内緑化植物の利用実態と利用者の意識”，人間▪植物関係学会雑誌 6(2):31-39,2007

[3] 長谷川祥子・下村　孝, “室内の植物が人間の心身に及ぼす影響に関わる研究の現状と今後の課題”，日緑工誌 39(4),552-560,2014

[4] 瀧戸浩之・古川柳蔵・石田秀輝・増田拓也, “環境制約を考慮したライフスタイルの評価構造抽出と社会的受容性に関する分析”，研究▪技術計画学会年次学術大会講演要旨集 25,436-439,2010

[5] 宇治川正人・丸山玄・讃井純一郎, “電子メールを用いた評価グリッド法の開発”，日本建築学会計画系論文集 518,75 −80,1999

第31回　人間情報学会講演集

平成 30年 12月 10日 発行

発行所　　人間情報学会

〒100-0006　東京都千代田区有楽町1-12-1　新有楽町ビル247

Tel. 03-5252-7382　　Fax. 03-5252-7386

E-mail: admin@npowin.org

URL: http://www.ahi-soc.info