

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25330328

研究課題名(和文) 三次元反射物理量を用いた癒し空間を創出する照明・音響演出支援システムの構築法

研究課題名(英文) Lighting and Audio System to Build Smart Space by using 3D Specular Reflection Shape Features

研究代表者

柴田 滝也 (Shibata, Tatsuya)

東京電機大学・情報環境学部・教授

研究者番号：30349807

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の成果は、鏡面反射形状特徴量が個人の音像定位能力を向上させる指標になるとともに耳介部位を特定できる点、音像定位能力を向上させるために耳垂角度を $+35^\circ$ にし耳介変形に加え、能動的な頭部運動が重要であることを明らかにした点にある。耳介形状を測定するだけで音像定位能力を推定する手法を新たに構築した。

さらに、非接触型のKinectセンサーを用いて、実時間の立位姿勢感情推定システムを構築し、評価を行い、概ね感情を推定することが可能になった。立位姿勢や着座姿勢から、空間にいる時の感情や気分を実時間で推定し、癒し空間を創出する照明・音響演出支援システムへの構築の目途がたった。

研究成果の概要(英文)：Firstly, we build Specular Reflection Shape Features (RSF) method related to sound localization ability on median plane. The RSFs also visualize the pinna parts related to sound localization ability. The RSF method shows that the earlobe plays an important role in sound localization. As a result, the earlobes with the 35-degree transformation and the head-movement improve the RMS (Root Mean Square) errors of a sound localization ability. Secondly, we build and evaluate the real-time emotion estimation system for standing postures. The system estimates the emotions by others for not only standing postures but also sitting postures. We can build a smart space with lighting and audio system to estimate the users' emotions and sound localization ability.

研究分野：感性情報学

キーワード：耳介形状 音像定位 形状特徴量 感情推定 立位姿勢

1. 研究開始当初の背景

本吉は、人間は画像における輝度ヒストグラムの歪みの情報から表面の光沢感などの質感を知覚することを明らかにした。しかし、質感への反応は光沢の知覚以外に、光沢強度や形状により印象が変わるが、それらについては述べられていない。従来の三次元物体モデルの物理量抽出手法では、形状のみ、形状と質感あるいは色などの特徴量が提案されている。しかし、三次元物体モデルの形状、質感の見え方は照明環境に依存しており、照明環境を含めた三次元物体モデルの物理量の計算方法の研究は少ない。さらに、照明照射方向、形状、質感の3要因を3元配置分散分析で分析した結果、「高級感」、「透明感」の評価において、形状と質感の交互作用による影響(1%有意)があることが分かった。申請者らはこの結果および従来研究の問題点を踏まえて、鏡面反射による光沢を兼ねた物理量として、三次元物体モデルの鏡面反射による光沢強度別の面密度の抽出手法として形状・鏡面反射物理量を構築した。

本研究では、この形状・鏡面反射物理量を立体音場の再生手法に応用する。正中間の仰角方向の音像定位に関しては、能力に個人差があると考えられ、映像を用いても所望方向の音像の制御ができない問題が残る。そこで、申請者らは音像定位能力に個人差があると仮定し、能力差の原因を解明すべく、10名の被験者による仰角方向の音像定位能力とMartin方式による耳介形状の物理量との関係分析を行った結果、定位能力と相貌学耳長と耳介の突出角とに関係があることが示唆された。しかし、耳介形状の測定方法は、経験的に決定されており、すべての形状特徴を表現しているとはいえない。そこで、本研究では、耳介形状を三次元スキャナで計測することにより、三角ポリゴンで構成される耳介形状から形状特徴量算出方法、および、照明照射方向を音源方向、視点を收音点と置き換えることによる音源用反射物理量算出方法を提案する。それらの物理量と音像定位能力の関係进行分析し、三次元スキャナで耳介形状を測定するだけで音像定位能力を推定し、個人に適用可能な音響環境を構築する手法を提案する。

さらに、従来の着座姿勢の感情推定手法を非接触型センサーに変更し、立位姿勢への感情推定手法を構築する。よって、感情や気分に応じて、環境音、楽器音、音楽などを所望の位置に定位させる個人適応型の仕組みを構築する。照明環境も調整可能な癒し空間を創出する照明・音響演出支援システムを構築する。

2. 研究の目的

三次元スキャナ・プロッターの低価格化で三次元物体モデルの検索技術が今後必要になる。三次元音場再生の仰角方向の音像定位能力に関しては個人差があり、耳介形状差が

問題の一つとしてある。そこで、計測方法が同一で光・音源方向に依存する耳介形状データの音源用反射物理量を提案する。(1)音像定位能力との関係进行分析・モデル化し、(2)着座姿勢の感情推定手法を応用し、非接触型センサーを用いて立位姿勢を実時間で感情推定する手法を提案する。(3)個人に適用可能な音響環境、感情推定手法を用いて癒し空間を創出する照明・音響演出支援システムを構築する。

(1) 音源用物理量と音像定位能力の関係分析・モデル構築

正中間の仰角方向の音像定位に個人差があることから、光源用形状・鏡面反射物理量を参考にして、音源方向に依存する耳介形状の反射物理量を新たに構築する。光源方向を音源方向とし、視点や收音点と置き換えることによる音源用反射物理量算出方法を提案する。具体的には、形状特徴量や音源用反射物理量と音像定位能力との関係を相関分析で分析し、耳介形状の特性と音像定位能力の関係を明らかにする。最終的には、ユーザの耳介を三次元スキャナで測定するだけで、音像定位能力を推定し、個人に適用可能かつ音像定位能力を向上させる手法を提案する。

(2) 非接触型センサーを用いた立位姿勢感情推定手法構築

申請者らは圧力センサー付きの椅子や加速度センサーによる着座姿勢から感情推定を行うシステムを構築した。しかし、接触式であるため、更なる改良が必要である。そこで、非接触式のセンサーを導入し、着座姿勢だけでなく、立位姿勢の感情推定を可能にし、空間にいる時の感情や気分を実時間で推定するシステムを構築する。

(3) 癒し空間を創出する照明・音響演出支援システム構築

変えたい感情や気分を推定し、2ch スピーカを用いて、所望の位置に環境音、楽器音、音楽を演出する個人適応可能な音響環境を構築する。また、照明環境を制御するシステムを構築する。それらの環境を統合した照明・音響演出支援システムを構築し、癒しを与える情報環境を構築する。

3. 研究の方法

(1)耳介形状特徴量や光源用形状・鏡面反射物理量を参考にした音源用反射物理量を構築する。それらと音像定位能力との関係を相関分析で分析し、耳介を三次元スキャナで測定するだけで音像定位能力を推定し、メガネで視力が向上すると同様に、耳介アダプター装着あるいは耳介形状を変形することにより音像定位能力が向上する仕組みを提案する。(2)圧力センサー装着式椅子による着座姿勢感情推定システムから非接触型のKinectセンサーを用いて着座姿勢だけでな

く、立位姿勢を実時間で感情を推定する手法を構築する。応用として、(3)変えるべき感情や気分を推定し、両手法を用いた照明・音響演出システムを構築する。

(1) 音源用物理量と音像定位能力の関係分析・モデル構築

音像定位実験装置で心理実験を行い、音像定位能力の数値化を行う。被験者 30 名の耳介を石膏で型をとり、三次元スキャナで測定し、三次元耳介形状データベースを構築する。さらに、正中面の仰角方向の音像定位に個人差があることから、光源方向別に物理量を計算できる光源用形状・鏡面反射物理量を参考にし、照明照射方向を音源方向とし、視点や收音点と置き換えることによる音源用反射物理量(鏡面反射形状特徴量)を構築する。音像定位能力の心理量との関係を相関分析で分析する。

正中面仰角方向の音像定位の個人差の要因を分析するために、鏡面反射形状特徴量の分布を耳介上に視覚化するシステムを構築し、どの耳介形状が影響を及ぼすのかを明らかにする。音像定位に影響を及ぼす耳介部分を特定する。特定後は CAD ソフトを用いて耳介変形を行い、鏡面反射形状特徴量を極大化する耳介形状を求める。その後、音像定位心理実験で音像定位能力の数値化を行い、分析によって要因を明らかにする。

(2) 非接触型センサーを用いた立位姿勢感情推定手法構築

申請者らが開発した着座姿勢の 16 感情語推定システムは、三名の着座姿勢者の個人モデルを用いた場合、重相関係数は平均 0.8 以上で、一部感情推定に関しては、実時間で正答率 60%の精度をもつ。ただし、頭部の角度や腕の状態を計測するために加速度センサーを装着しており、ユーザに負荷がかかる。そこで、Kinect などの非接触型センサーを導入し、新たな立位姿勢感情推定システムを構築し、実時間推定の正答率 80%以上を目指す。

着座姿勢感情推定システムは、各ユーザの着座姿勢時のセンサー値が必要になり、ユーザに負担がかかりすぎる。センサー値の標準化を行い、個人の学習データが必要なく、かつ、個人に適応可能な姿勢感情推定システムを構築する。

(3) 癒し空間を創出する照明・音響演出支援システム構築

空間にいる時の気分や感情を実時間で推定する方法を構築する。さらに、現状の気分・感情を入力、変更すべき気分・感情を出力とした時の適切な環境音、楽器音、音楽など BGM を分析し、個人モデル化を行う。三次元スキャナで測定した耳介形状から個人に適応可能な音響環境を構築する。照明環境を制御する照明・音響演出支援システムを構築

し、癒しを与える情報環境を構築する。

4. 研究成果

(1) 音源用物理量と音像定位能力の関係分析・モデル構築

仰角方向の音像定位のメカニズムを検討するために、新たな三次元耳介形状特徴量として、従来の三次元物体モデルの形状特徴量抽出手法を参考にして、光源を音源、視点を受音点に置き換えた鏡面反射形状特徴量を提案した。本手法の特徴は、同一人物でも音源方向によって形状特徴量が変化することにある。

音像定位実験から RMS 誤差値を算出し、同時に各被験者の耳介を三次元形状化し、音源方向別に鏡面反射角を 10°毎に分類した 18 種類の鏡面反射形状特徴量を算出した。18 名の被験者データ、ならびに各被験者別データについて相関分析した結果、耳介部位の面積が減少することによって、音像定位能力を高める可能性のある鏡面反射形状特徴量 A02 と、耳介部位の面積が増加することによって、音像定位能力を高める可能性のある鏡面反射形状特徴量 A07、A09 が存在することが確認された(表 1)。音像定位能力の高い被験者に関しては、鏡面反射形状特徴量との相関が低下するため、別な要因を探す必要があるが、鏡面反射形状特徴量は音像定位能力の低い被験者に対して、能力を低下させる要因の分析に役立つと考えられる。

表 1 全被験者の RMS 誤差値と各鏡面反射形状特徴量の相関係数

鏡面反射形状特徴量	RMS 誤差値	標準化 RMS 誤差値
A01	.437**	.560**
A02	.493**	.682**
A03	.445**	.601**
A04	.289**	.427**
A05	.056	.091
A06	-.310**	-.421**
A07	-.413**	-.535**
A08	-.465**	-.545**
A09	-.508**	-.545**
A10	-.430**	-.471**

**1%の有意水準、*5%の有意水準

また、今回新たに導入した各鏡面反射形状特徴を構成する頂点が存在する耳介部位を視覚化するシステムを構築した。鏡面反射形状特徴量 A02 では三角窩、舟状窩、鏡面反射形状特徴量 A07 では耳垂部位が関係することが分かった。そこで、その部位にアダプターを装着し分析を行った結果、三角窩、舟状窩

などの内部の形状の変形は音像定位に負の影響及ぼした。この部位に関してはさらなる分析が必要である。アダプター装着の耳垂部位に関しては音像定位能力に正負両方の影響があることが分かった。

そこで、耳垂部分の角度と鏡面反射形状特徴量 A07 との関係进行分析した結果、耳垂部を 35° 前後傾斜すると鏡面反射形状特徴量 A07 を極大化することが分かった(図 1)。耳垂部分を 35° 傾斜変形(図 2)させた結果、RMS 誤差値が減少する傾向があることを確認した。さらに頭部運動を能動的にすることにより、RMS 誤差値が減少することが分かった。よって、鏡面反射形状特徴量 A07 についての有効性を示すことができた。ただ、定位位置のばらつきを示す標準偏差に関しては、ほとんどすべての被験者が上昇した。原因は耳垂の変形後の経験が少ないため、変形状態のままで一定期間生活するとばらつきは減少すると考えられる。今後の課題である。

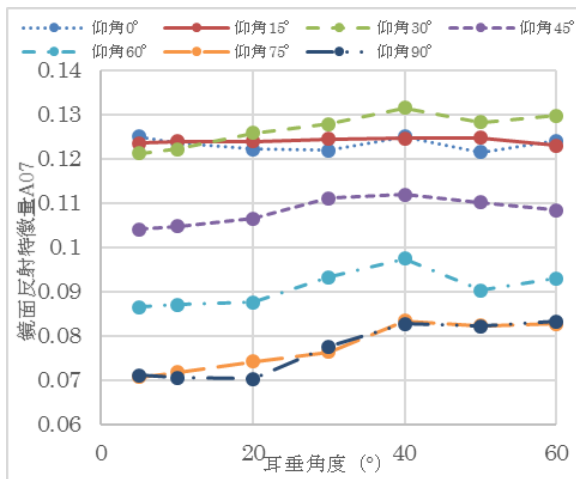


図 1 耳垂角度別の鏡面反射形状特徴量 A07 の値

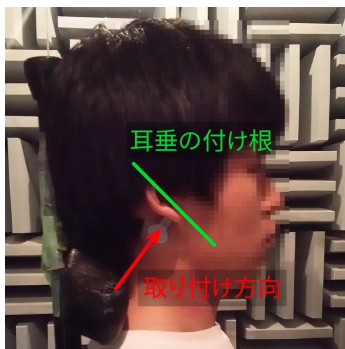


図 2 耳垂変形例

耳垂部の変形については、従来研究で RMS 誤差値と耳介の突出角に相関があることを示した。今回は耳垂部だけの角度の分析であったが、耳介の突出部の角度と鏡面反射形状特徴量との関係进行分析し、音像定位能力との関係进行分析して行く。

本手法の利点は、音像定位に関連する耳介部位を特定できる点にある。今後は、さらに

被験者の数を増やして、鏡面反射形状特徴量の変位と音像定位能力の変化との関係进行分析し、耳介部位を特定し、音像定位精度を向上させる耳介変形方法を提案して行く。

(2) 非接触型センサーを用いた立位姿勢感情推定手法構築

非接触センサー Kinect による立位姿勢で感情判断推定システム(図 3)を構築した。「覚醒度」、「防御度」の因子が立位姿勢で存在することがわかった。「穏やかな」の感情判断推定値と評価者の評価値との平均誤差は他と比べ少し大きく、決定係数が 0.572 と低いため評価者によって「穏やかな」の判断に個人差があることがわかる。評価者の経験的な要因(文化・習慣など)によって個人差が生まれると考えられる。

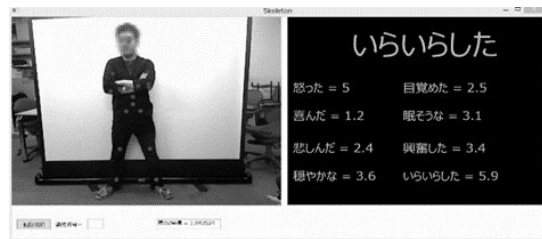


図 3 感情判断推定システム画面

表 2 に学習者と同一の人物の場合と異なる人物の立位姿勢の感情評価値と感情判断推定値との平均誤差や正答率を示す。他者でも正答率が変わらないことからデータの標準化が可能であることが示唆される。未知の「喜んだ」サンプルが皆無であったため、「喜んだ」の誤差が全体的に大きかった。未知のサンプル選定には注意が必要である。また、防御度の感情語「怒った」「いらいらした」に関しては物理量も含めて適切な学習が行われていない可能性がある。それ以外の感情推定に対して正答率が高い。

表 2 未知の立位姿勢の感情判断推定値と評価値との平均誤差と正答率

感情語	平均誤差		正答率 (%)	
	同一	他者	同一	他者
怒った	1.75	1.43	35.7	57.1
喜んだ	2.04	2.08	100.0	100.0
悲しんだ	0.37	0.43	100.0	100.0
穏やか	1.63	1.49	78.6	64.3
目覚めた	0.60	0.69	85.7	57.1
眠そう	0.71	0.78	71.4	71.4
興奮した	0.64	0.89	92.9	85.7
いらいらした	1.70	2.09	42.9	64.3

今後の課題として、腕の座標値の取得精度

の向上が挙げられる。改善策として、腕時計型などのウェアラブル端末に含まれている加速度センサーなどを用いて腕の角度を判別することを考えている。また、立位姿勢と着座姿勢とのハイブリッドシステムの構築も目指す。

立位姿勢に一部、不自然なサンプルが存在した。今後は、通常の立位姿勢サンプルを追加し、防御度に適した物理量を追加して分析・モデル化を行う。また、今回は感情判断評価値と物理量との関係分析を行うために、重回帰分析を用いたモデル化を行った。今後は推定精度を上げるため、深層学習法でモデル化し、評価を行う。

(3)癒し空間を創出する照明・音響演出支援システム構築

今回は手法の構築まで出来たが、システム構築までは至らなかった。今後の課題である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

柴田 滝也、道下 壯人、武田 秀貴、渡邊 祐子、鏡面反射形状特徴量を用いた三次元耳介形状特性と音像定位との関係分析 耳垂部分の変形と頭部運動による音像定位への影響、日本感性工学会論文誌、査読有(投稿中)

小笠原 啓太、柴田 滝也、他者の立位姿勢の分析・モデル化と感情判断推定システムの構築、日本感性工学会論文誌、査読有、Vol. 15、2016、pp. 345-351
Tatsuya Shibata, Akito Michishita and Nadia Bianchi-Berthouze, Analysis and Model of Emotion of Japanese Sitting Postures by Japanese and British Observers, The fifth biannual Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction, 査読有、2013、pp. 91-96

[学会発表](計10件)

高島 史登、渡邊 祐子、柴田 滝也、三次元耳介形状と音像定位能力との関係分析 -耳介アダプター装着の有効性について-、日本感性工学会春季大会、2016

小笠原 啓太、柴田 滝也、Kinect センサーを用いた立位姿勢の感情判断推定システム評価に関する研究、日本建築学会学術講演会、2015

柴田 滝也、道下 壯人、渡邊 祐子、3次元耳介形状特性と音像定位との関係分析、日本感性工学会春季大会、2015

小笠原 啓太、柴田 滝也、Kinect を用いた立位姿勢の感情判断推定システム構築法に関する研究、日本感性工学会春季大会、2015

小笠原 啓太、柴田 滝也、Kinect を用

いた立位姿勢の感情判断推定システムの構築、日本感性工学会大会、2014
柴田 滝也、道下 壯人、渡邊 祐子、個人の3次元耳介形状特性と音像定位との関係分析、日本音響学会秋季研究発表会、2014

小笠原 啓太、柴田 滝也、センサーを用いた姿勢の感情判断推定システムに関する研究、日本建築学会・第37回情報・システム・利用・技術シンポジウム、2014

阿部 拓馬、渡邊 祐子、柴田 滝也、音源方向に依存した3次元耳介形状の特徴量抽出法と視覚化に関する研究、日本音響学会秋季研究発表会、2014

阿部 拓馬、渡邊 祐子、柴田 滝也、音源方向に依存した3次元耳介形状の特徴量抽出法、日本感性工学会大会、2013

道下 壯人、渡邊 祐子、柴田 滝也、ヘッドトラッキングを用いた視聴覚拡張現実技術に関する研究 仰角方向の音像定位における映像の影響分析 日本感性工学会大会、2013

6. 研究組織

(1)研究代表者

柴田 滝也 (SHIBATA TATSUYA)
東京電機大学・情報環境学部・教授
研究者番号：30349807

(2)研究分担者

渡邊 祐子 (WATANABE YUKO)
東京電機大学・情報環境学部・講師
研究者番号：20287444