

平成22年6月17日現在

研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18300075
 研究課題名（和文） 日常生活における事象音の認知に関する基礎的研究：「生活聴力」概念の提唱に向けて
 研究課題名（英文） Research on perception of event-produced-sounds for daily life: the concept of auditory skills for livings
 研究代表者
 伊藤 精英（ITO KIYOHIDE）
 公立はこだて未来大学・システム情報科学部・准教授
 研究者番号：90325895

研究成果の概要（和文）：本研究は、医学的な聴力では把握できない日常生活を遂行する際に必要となる聴覚的技能を明らかにし、この技能のことを生活聴力として新たな概念の提唱を目的とした。音の移動を自覚的にせよ、無自覚的にせよ、人は認知しており、それは身体の動きに現れることが示された。視覚障害者を対象とした生活聴力として道路横断場面における車輻音の接近の認知の正確性に果たす聴覚的技能について検討し得られた知見を基に、道路横断訓練ソフトウェアを開発した。調理熟達化に果たす聴覚技能の研究を行い、調理遂行に関連ある音響特性を特定し、デジタルレシピの提案を行った。

研究成果の概要（英文）：Our research was designed to argue the concept of auditory skills for daily lives from viewpoints of perception of sound-produced events. By the studies of posture control while listening, it was found that blind persons regulated postures coupled with motion of sound images. We developed the system for training of crossing roads only by use of auditory cues in blind persons. Eventually, from results of the relationships between cooking behaviour and cooking sounds, we revealed the acoustic properties of cooking sounds correlated with cooking behaviours.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	7,600,000	2,280,000	9,880,000
2007年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
総計	11,500,000	3,450,000	14,950,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性情報処理・生活聴力・聴覚・認知・ヒューマンインタフェース

1. 研究開始当初の背景

我々は「生活聴力」という概念を提唱したい。そのために、後に記述するような一連の

実証的研究を実施し、日常生活における事象音の認知に関する基礎的知見を見出すことを目的とする。

「生活視力」という概念がある。これは経済産業省等でも公的に用いられている。例えば、視力検査の値からすると読書が困難と判断されるにも関わらず、日常生活において、新聞等を読むことが可能な者がいる。この場合、視力検査では測定・評価が及ばない、言わば「生活視力」と呼ぶべき視覚的認知力を想定しなければ行為を説明できない。

「生活視力」と同様に、「生活聴力」という用語も言語音の聴取の有無にのみ焦点を当てて用いられるかもしれない。しかしながら、我々は日常生活において、常に同時あるいは継時的に多種多様な事象音を聴取している。そこで本研究では言語聴取は事象音の聴取の一部と捉え、より広範囲な視点から日常生活における事象音の認知を取り上げ、「生活聴力」概念の基盤を構築する。

2. 研究の目的

【調査1】 静止及び移動音源の正確な認知に果たす音響特性の解明

【研究I】 音源の探索と身体の微細な動きとの関連性の解明

【研究II】 道路横断課題における聴覚情報の利用の解明

【システム開発1】 音響仮想現実技術（以下、音響VRと表記）を用いて、道路横断場面の音場を提示するシステムの開発

〈実験1〉 車輻接近の正確な認知に果たす走行音・静止音・路面反射音等への選択的聴取の役割の解明

〈実験2〉 横断しようとする車道幅の正確な認知に果たす音場の役割の解明

【システム開発2】 音響VRを用いて、聴取者の行為に応じて仮想音場がインタラクティブに呼応するシステムの開発

【研究III】 調理遂行時に利用可能な調理音の解明

〈実験1〉 調理場面における料理行為遂行を規定する事象音の解明

3. 研究の方法

【調査1】

複数の静止音像と複数の移動音像をミックスした音刺激を作成し、被験者にヘッドフォンにより提示した。被験者は音刺激の中に何個の音が含まれているかを回答した。一つの音刺激には5種類、10種類、20種類が含まれていた。音刺激時間は5秒であった。

【研究I】

無響室内で移動音像が被験者に提示された。被験者は直立し、音像の動きを聴取することを求められた。音像の移動中、被験者には頭部に3次元位置記録装置が取り付けられ、聴取時の身体の揺らぎを測定した。測定されたデータは非線形時系列解析である再規定量化解析により分析された。条件は移動音像

が提示される条件、無音条件、被験者は晴眼者と盲人であった。

【研究II】

3次元音響仮想現実技術（以下、音響VRと表記）を用いて、車道を車輻が移動する場면을提示するシステムを構築した。概略図は図1の通りである。さらに、そのシステムを用いて、車輻の接近の正確な判断における間接音の役割を聴覚実験を通じて明らかにした。被験者は晴眼者と盲人であった。

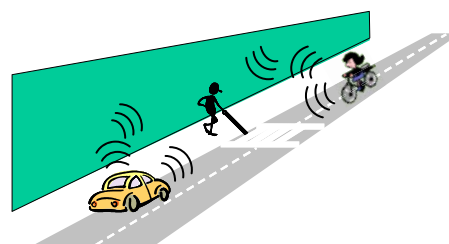


図1:音響VRにより提示される音場

【研究III】

調理課題を遂行中の動きを取り込むためのカメラとマイクから構成されるシステムを作成し、調理課題遂行に関連する聴覚技能と調理音の音響特性を解析した。

4. 研究成果

まとめ

日常生活における事象音の認知、反射音や残響音を含んだ日常の音場の変化と空間認知、事象音の変化と行為の制御の関連性、音場の変化と行為の関連性に関する基礎的知見を実証的研究を行うことで得ることができた。これらより、医学的な聞こえとは異なる生活者にとっての聞こえ、すなわち、日常音の聞こえに言及する概念として「生活聴力」の提唱をしたい。

【調査1】 静止及び移動音源の正確な認知に果たす音響特性の解明

実験の結果、全ての被験者は5種類を判別できていた。20種類を判別できた被験者は少なかった。興味深いのは20種類の音像を判別できた被験者には盲人が多かった。この課題は、音像の種類を判別し、回答するまで記憶しておく必要がある。盲人は音像の弁別を行い、記憶するというある種の認知的技能習得していることが考えられる。さらに実験を重ね、視覚障害者の教育・リハビリテーションへの応用を行っていく。

【研究I】 音源の探索と身体の微細な動きとの関連性の解明

音像の周期的な移動が身体の揺らぎにどのように影響するかを検討した。まず、盲人5名について、音像の移動条件と無音条件について再規定量化解析を実施した。

再規定量化解析 (recurrence quantification analysis: RQA) とは、非線形時系列解析の一つであり、時間遅れを持つ高次の状態空間に再構成された時系列信号の再帰状態を記述する方法である (Weber and Zblulit, 1991). RQA により、一見複雑に見える時系列信号の背後に潜んでいる規則的な構造 (システム) を明らかにすることができる。すなわち、非線形性を前提とする系の安定性、定常性、複雑性、ノイズ量などを幾何学的な模様 (リカレンスプロット) (図 2) として示すことができる。対角線に対するプロットされた点の様相を見ることで、システムの安定性、周期性、定状性を判断することができる。さらに定量的な測度として、再帰率、決定率、最大線長、エントロピーなどを求めることができる。RQA は、時系列データの線形性を前提としないため、例えば、FFT を行うには不適切な時系列信号に対しても、適用することができる。この点で自然現象や人の心理・行動の時系列データには適している。

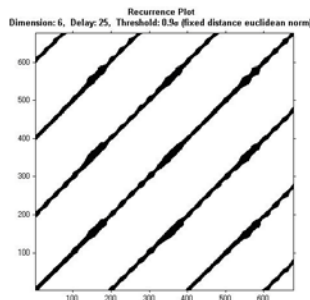


図 2: 音像移動条件における身体の揺らぎのリカレンスプロットの例

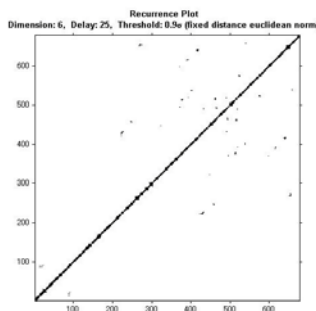


図 3: 無音条件における身体の揺らぎのリカレンスプロットの例

図 2 は、音像移動条件、図 3 は無音条件における身体の揺らぎのそれぞれのリカレンスプロットである。図 3 よりも、図 2 の方がプロットされている点が多く、且つ、対角線に平行に連続している線分が見られる。これは、図 3 よりも、図 2 の方がある種の系が成立していることを示している。さらに、連続点に対角線に平行に見られることから、周期性も見られる。盲人 5 名の再帰率を見ると、

音像移動条件は無音条件よりも高かった。すなわち、周期的な音像の移動に呼応して身体の揺らぎも周期的となることが明らかとなった。

次に、音像移動条件において盲人 5 名と晴眼者 5 名の身体の揺らぎを RQA により検討した。その結果、再帰率は晴眼者よりも盲人の方が高かった。このことは、音像移動に呼応して身体の周期的な動揺が盲人には認められるが、晴眼者には現れないことを意味している。無自覚な身体の揺らぎは音像の移動により生じる環境の変化、具体的には音場の変化に身体が適応していることを示していた。日常生活において姿勢の調整を視覚的に行うことが不可能な盲人は、その代わりに聴覚を利用できる技能を習得していると考えられる。

【研究 II】 道路横断課題における聴覚情報の利用の解明

【システム開発 1】 音響 VR を用いて、道路横断場面の音場を提示するシステムの開発

音響 VR により移動音源を仮想 3 次元立体音場内を移動させるハードウェア、サウンドスペースプロセッサ (RSS-10 : SSP) 及び音源再生装置 (AR-3000) を複数台制御するソフトウェアを VC++ により作成した。そのプログラムにより各種パラメータを MIDI により送信することで音の再生、仮想 VR による立体音場の提示が行われる。RSS-10 で生成される仮想立体音場のパラメータは、①空間の広さ、②残響時間/残響レベル、③路面反射音レベル、④ドップラーシフト、⑤移動音像の速度など多くのパラメータがある。音響 VR による道路横断場面を生成するシステムの 1 例を図 4 に示す。

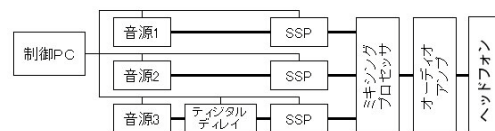


図 4: 仮想音場提示システムの構成

【実験 1】 車輻接近の正確な認知に果たす走行音・静止音・路面反射音等への選択的聴取の役割の解明

音響仮想空間内で車輻音が耳軸に平行に移動する際、車輻音が正面に到達する時刻を予測して判断する課題を行った。その際、被験者には仮想空間内で、正面より右側方 8m 離れた地点に静止音像を配置し、車輻音はその静止音像の位置に到達した時点と判断させた。仮想音場の提示と被験者の到達判断の記録は同一のパーソナルコンピュータ内の単一のプログラムで行った。間接音 (残響音レベルと路面反射音レベルをランダムに変

化させた。

図5は間接音レベルと到達判断誤差(秒)の関係を示す。特徴的なことが2点ある。第1に、晴眼者よりも、盲人の方が概して、判断誤差が少ないことである。つまり、盲人は晴眼者よりも、車輦音の正確な位置の同定ができることを示している。正確な位置の同定ができるということは、車輦音が正面に到達する時刻の予測も正確にできることを示唆する。

第2に、間接音レベルは、大きすぎても小さすぎても判断誤差が大きくなるということである。判断誤差が最小になる残響音・路面反射音レベルがありうるということを示唆する。図5では、盲人群では、-40dB付近において判断誤差がほぼ0秒、つまり正確に定位できていることを示している。

上記、2点を総合すると、盲人は日常的に、車輦の移動、接近、後退を音の変化により認知しており、その聴覚的技能を習得していると考えられる。路面及び残響音レベルが-40dBのパワーの際に最も正確な判断ができたことは、おそらく、日常生活において屋外残響・路面反射音のレベルに近似していたからと推測される。

〈実験2〉 横断しようとする車道幅の正確な認知に果たす音場の役割の解明

次に、道路横断課題において重要な車道幅の推定について検討を行った。RSS-10を使用して、静止音源の位置を正面、奥行き方向に段階的に提示し、それにより、被験者から静止音源までの距離が変化した。被験者は静止音源までの距離を自分の歩幅で何歩歩くと到達できるかを回答した。図6は静止音源までの距離と歩数との関係を示している。

静止音源までの距離が増加するとそれに比例して到達できると推測される歩数も増加していた。このことから、車道幅の推定に、静止音源までの距離に関する聴覚情報が利用されていることが示唆された。

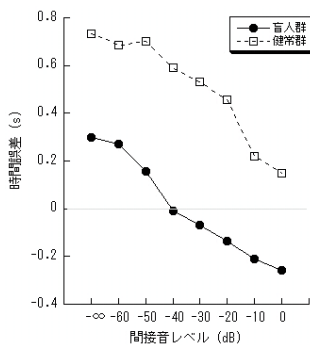


図5:間接音レベルと到達判断誤差の関係

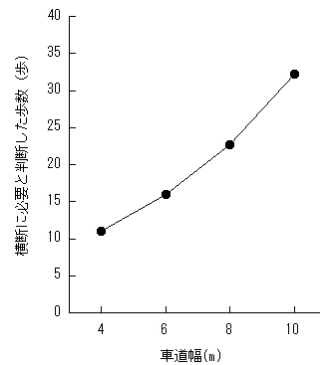


図6:車道幅と横断に必要と推測された歩数との関係

【システム開発2】 盲人用道路横断訓練ソフトウェアの開発

これまでの知見を基に、盲人用道路横断訓練システムを開発している。音響パラメータの一群を整理し、車輦の速度、空間の広さ、そして、静止音像の位置を変更したり、車線の数を変更したりできる。また、横断歩道での歩行者信号の判断を車輦の走行音の変化から判断する課題も追加した。今後は、評価実験を実施し、ユーザビリティを改良し、将来的にはパーソナルコンピュータ内で動作する単一のソフト内で仮想立体音響を再現し音像を配置、移動させ、訓練対象者の応答を記録できるようにすることを予定している。

【研究Ⅲ】 調理遂行時に利用可能な調理音の解明

【システム開発1】 調理場面における料理行為遂行と事象音を記録するシステムの開発

調理遂行を画像及び音響的に記録するシステムを試作した。

〈実験1〉 調理場面における料理行為遂行を規定する事象音の解明

できるだけ日常生活における調理場面に近づけるため、被験者には、2種類の調理課題を求めた。すなわち①レタス炒飯とサラダ、②唐揚げとサラダであった。一つの調理課題に複数の料理を作ることが含まれており、平行して行うことが求められた。課題遂行中の被験者の動き、料理音が記録された。調理終了後、自省報告を求め、料理作成に当たり、利用した感覚的の手がかりについて収集した。その結果、複数の料理を平行して行っていることから、視覚的の手がかりに加え、ニオイ、料理音などが上げられた。料理音について調理遂行につれてどのように変化しているのかについてFFTによる音響分析及びRQAを実施した。

レタス炒飯では、FFTによる音響分析の結果、調理過程で材料を加えることによる音響パワーの変化が最も利用しやすい音響手がかりであることが示唆された。擬音語を用い

ると、「パチパチ」という音の大きさの変化であった。これは、材料を加えることにより調理器具内の温度が一時的に低下することにより、音響パワーが低下する。しかし、時間が経過するにつれて、加熱器具からの熱が油を介して材料に伝達され、加熱された結果、再び音響パワーも増大することが考えられる。

唐揚げ課題では、FFT による音響分析の結果、経過時間による音響パワーにそれほどの変化は見られなかった。しかしながら、擬音で表現される「パチパチ」というパルス音の出現頻度と規則性に明らかな変化が現れた。出現頻度と規則性から唐揚げ課題のプロセスを3段階に分類した。第1段階はパルス音の出現頻度が低い。第2段階はパルス音の出現頻度が増大し、その間隔は不規則あるいはランダムである。第3段階は、パルス音の出現頻度は第2段階を維持しつつも、周期性、規則性が高まっていた。被験者は第3段階に入ってしばらくしてから食材を調理器具から取り出していた。すなわち、唐揚げが完成していると判断していた。

「パチパチ」というパルス音のパワースペクトルを見ると、図7のように、広帯域に強い音響パワーが見られた。なお、39.2kHz のパワーのピークは同時に録画していたDVDカメラからのノイズである。注目すべきは、可聴域限と一般に言われている20kHzを越え、60kHz付近まで強い音響パワーを持っていた。このようないわゆる超高域音は近年、大橋等によりハイパーソニックエフェクトの起因として注目されている。今後、調理音が人の感性に及ぼす効果の検討が必要であろう。

レタス炒飯及び唐揚げの料理音についてRQAを実施した。その結果、炒飯では周期性、決定論性は低かった。一方、唐揚げの各段階を比較すると、周期性に差異が見られた。第3段階は他の先行する段階に比べて、周期性が安定しており、且つその程度も高かった。このように、熟練者ではないにも関わらず、調理において、音が行為遂行に利用されていることが明らかとなり、利用可能な料理音の特性も明らかとなった。

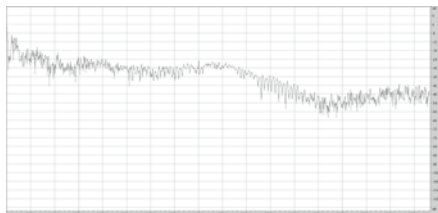


図7:唐揚げのパルス音のパワースペクトル

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

1. Stoffregen, T. A., Ito, K., Hove, P., Yank, J. R., & Bardy, B. G. The postural responses of adults who are blind to a moving environment. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 73–83, 2010. 査読有
2. Stoffregen, T. A., Villard, S., Kim, C., Ito, K., & Bardy, B. G. Coupling of head and body movement with motion of the audible environment. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 1221–1231, 2009. 査読有
3. 伊藤精英・塩瀬隆之・間々田和彦. 仮想3次元音場提示技術を用いた視覚障害者用道路横断訓練システムの開発. 画像ラボ, 17(7), 30–34, 2006. 査読無

〔学会発表〕(計19件)

1. 伊藤精英. 調理操作を規定する料理音の解析: 調理心理学に向けて. 第2回生命ソフトウェア部会研究会, 2009年11月6日. 北海道大学.
2. 岡本雅・伊藤精英. 直感的インタラクションを用いたマルチモーダル博物館ガイド. 第11回日本感性工学会大会, 2009年9月9日. 芝浦工業大学.
3. Mizuno, R., Ito, K. User's motion for shape perception using CyARM. *13th International Conference on Human-Computer Interaction*, 2009/7/20. San Diego, USA.
4. Mizuno, R., Ito, K. Analyses of user's action for perceiving shapes using active perception device. *15th International Conference on Perception and Action*, 2009/7/15. Minneapolis, USA.
5. 伊藤精英. 聴覚システムとアフォーダンス. 第10回日本感性工学会大会予稿集2008, 2008/9/9. 大妻女子大学.
6. 本田彬俊・伊藤精英. 探索行為に注目した聴覚的自己位置同定の分類. ヒューマンインターフェースシンポジウム2007, 2007/9/3. 工学院大学.
7. Shiose, T., Ito, K. Auditory navigation interface featured by acoustic sensitivity common to blind and sighted people. *3rd International Conference on Enactive Interfaces*, 2006/11/21. Montpellier, France.
8. 宇都宮卓也・伊藤精英. 移動音源定位に対する主観座標系の3次元位置計測システムによる同定. ヒューマンインターフェースシンポジウム2006, 2006/9/26. 倉敷アイビースクエア
9. 塩瀬隆之・伊藤精英. 視覚障害者と晴眼者の間接音変化に対する態度. ヒューマンイ

ンターフェースシンポジウム 2006,
1017-1020, 2006/9/26. 倉敷アイビースク
エア

10. Shiose, T., Ito, K. Identification of
acoustic factors for perception of
crossability common to blind and sighted
pedestrians. *10th International
Conference on ICCHP 2006*, 2006/7/12.
Linz, Austria.

11. 伊藤精英. 盲人の道路横断課題における
移動音源定位の正確性に果たす移動音源の
速度及び間接音レベルの効果. *日本音響学
会聴覚研究会*, 2006/6/30. 公立ほこだて未
来大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 精英 (ITO KIYOHIDE)

公立ほこだて未来大学・システム情報科学
部・准教授

研究者番号：90325895

(2) 研究分担者

木村 健一 (KIMURA KENICHI)

公立ほこだて未来大学・システム情報科学
部・教授

研究者番号：60280327

塩瀬 隆之 (SHIOSE TAKAYUKI)

京都大学・総合博物館・准教授

研究者番号：90332759

佐々木 正人 (SASAKI MASATO)

東京大学・大学院教育学研究科・教授

研究者番号：10134248

(2006年度から2007年度)

(3) 連携研究者

佐々木 正人 (SASAKI MASATO)

東京大学・大学院教育学研究科・教授

研究者番号：10134248

(2008年度から2009年度)

研究協力者

Thomas A. Stoffregen

UNIVERSITY OF MINNESOTA・Division of
Kinesiology・Associate Professor