

平成 21 年 6 月 23 日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2005～2008

課題番号：17300074

研究課題名 (和文) CyARM 非視覚的モダリティを用いた空間印象認識装置の研究

研究課題名 (英文) CyARM: Research of space impression recognition device using non-visual modality

研究代表者

岡本 誠 (OKAMOTO MAKOTO)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：90325887

研究成果の概要：本研究は、センサーで獲得した空間情報を腕の向き・腕の屈伸など体の動きに働きかけて、外部の様子を非接触で直感的に利用者（主に視覚障害者）に伝達する装置（以下、CyARM）を開発した。超音波や赤外線を利用した実験装置を開発し、認知的な評価を行なった結果、物体の存在、物体までの距離、物体の厚さ（隙間）が判別できることが分かった。また、簡単な学習によって物体の形状（球体、立方体等）を8割程度判別できることも分かった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	4,900,000	0	4,900,000
2006年度	2,600,000	0	2,600,000
2007年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
総計	12,200,000	1,410,000	13,610,000

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：空間認識, 視覚障害, 非視覚的モダリティ, インタラクションデザイン

1. 研究開始当初の背景

(1) 感覚代行器の状況

従来の感覚代行機器は、物体の情報を十分に利用者に提供できるものはない。これらは情報出力方式から音声信号を使用した機器と触覚信号を使用した機器とに分けられる。前者は超音波センサーにより外界の物体を感知し可聴音波に変換して利用者に伝える (Tri-Sensor, Kei)。後者は可聴音の代わりに触覚信号を利用している (Mini Guide 他)。いずれも物体への距離を識別するために推論のような間接的な認知の技能が必要であり実用性に問題があった。

(2) 理論的な背景

Gibson は、知覚の過程に行為が含まれるという意味で、知覚とは能動的なものであると主張した。また佐々木 (1994) は、知覚を器官のひとつの機能としてだけ捉えるのではなく、「知覚のための身体的行為、知覚のために組織される身体」と捉える考え方 (知覚システム) を提言した。

CyARM は、まさに人間の行為と知覚を一つの知覚システムとして捉えたものであり、視覚以外の感覚と人間の能動的な知覚行為を利用した空間属性認識装置と言える。この装置の開発を行ないながら、人間の知覚能力と

ユーザインタフェースの可能性を研究した。

2. 研究の目的

本研究は、視覚障害者が外界の様子を直感的に把握する装置がないことに着目し、視覚以外の感覚を用いた全く新しい空間属性認識装置を研究したものである。この研究の特徴は、センサー等で獲得した外界の情報を体で感じることのできる物理量に変換し、身体の能動的な知覚動作と協調する（非視覚的モダリティ）ことで、外界を非接触で直感的に理解することが出来る点である。この空間属性認識装置 CyARM と身体を活用した知覚システムを使ってどの程度外界の特徴を理解することができるかを明らかにした。また、人間のコミュニケーションでは、話題を共有する人同士が同じものを注視（見たり触ったり）していることが意味理解や共感に大きな影響を与えている。視覚障害者が本研究の装置で空間にある対象物の存在を共有できるような「共同注意」インタフェースの研究・開発を行なった。

3. 研究の方法

空間認識装置 CyARM を改良し、認知的な評価実験を行なった。

(1) 能動的知覚の効果の検討

超音波センサーや赤外線センサーを用いた CyARM を開発し、評価実験を行ない、知覚のために組織される身体とインタフェース装置の協調的效果を検証した。CyARM Level 3 と 4 は、装置から延びた紐の端を身体に結び、紐の長さの変化を腕で感じる方式の装置である（図 1, 2）。Level 5 は、距離をレバーの角度に割り当てて探索する装置である（図 3）。



図 1. ワイヤ制御の CyARM (Level 3)

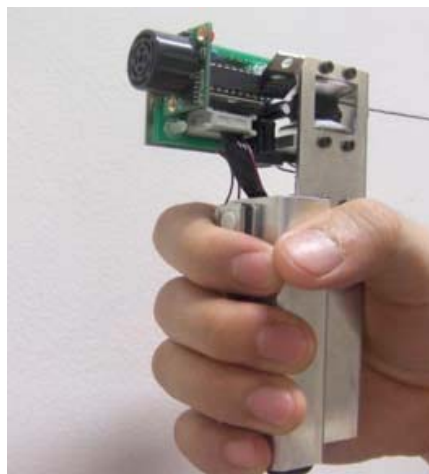


図 2. ワイヤ制御の CyARM (Level 4)

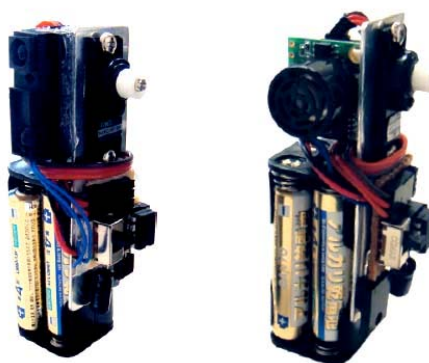


図 3. レバーの角度に距離を割り当てた
CyARM Level 5

(左：赤外線モデル，右：超音波モデル)

(2) 共同注意の効果の検討

複数の視覚障害者が CyARM を用いて空間にある対象物の存在を共有できるような「共同注意・共同触覚」インタフェースの基本装置の開発を行なった。共同注意の効果の評価するために、レーザー光を用いて、両者が同じ対象物を指し示していることを理解する装置を開発した（試作機 JA2-s, 図 5）。これは、2つの装置が固有周波数のスポットライトを照射し、他者のスポットライトを検出した時に装置が振動するというメカニズムである（図 4）。

一方の装置が指示している対象物の近辺を他方の装置で探索すると、装置が他者の装置が指示している部位に操作者の装置の向きを自動的に移動させることができる試験機も開発を試みた。これは装置の中にジャイロを用いた力覚提示の仕組みを内蔵することにより実現した（実験機：JA2-m）。

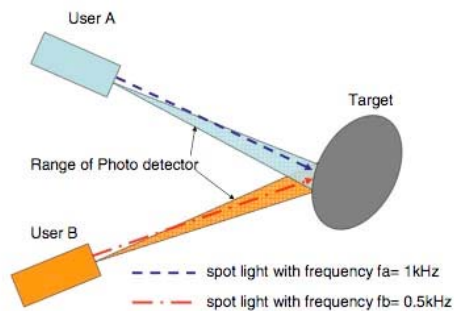


図 4. 共同注意の原理

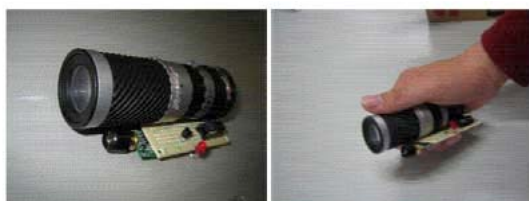


図 5. 共同注意をする装置

4. 研究成果

CyARM の実験機を多数開発し、これを用いて外界理解の効果を確かめる認知的な評価実験を行なった。

(1) CyARM によって伝達される「距離感」

人の心理的な感覚と物理的な刺激は単純な比例関係にあるわけではなく、刺激のモダリティや種類によって異なるということが Stevens によって明らかにされている。そこで CyARM が人間に与える距離感がどのような特徴を示すのかを実験によって明らかにした。その結果、CyARM は、Stevens のベキ法則の形にすると、

$$S = 0.30I^{1.33}$$

となり、ベキ指数は 1.33 であった。

つまり、CyARM を使用した際の距離感是非線形に知覚されることが分かった。このことは、ある距離より遠い距離を過大評価し、近い距離は過小評価してしまうことを表している。そのため、これを補正するため図 6 のようにワイヤーの長さを制御することで正確に距離を理解させることができることが示唆された。

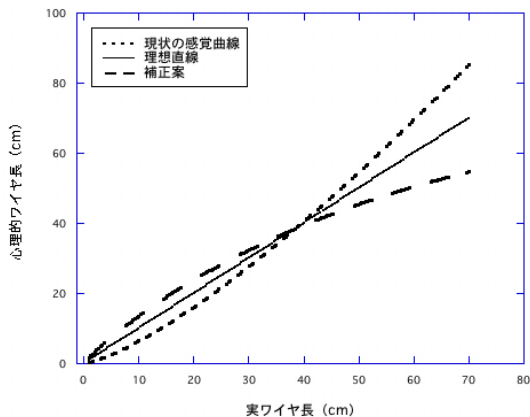


図 6. ワイヤー制御の補正案

(2) CyARM の形状認識能力

CyARM を能動的に操作することによって、どのような形状情報を獲得することができるか、またどのように動かすことによって形状の理解が容易になるかを評価した。

形状理解の実験は、CyARM Level 4 を用いて、球体、立方体、直方体、円柱の 4 種を判別した。その結果、特定されやすい形状の特徴が明らかになった。それらは、対象物の縁の形状によって分けられることが分かった。直方体と立方体では、優位に正答率が高くなったが、球体と円柱では、チャンスレベルに対して優位な差が認められなかった (表 1)。このことは、立方体や直方体のような鋭い縁を持つものは特定しやすく、球体や円柱のような緩やかな縁を持つ形状は特定されにくいことを示唆している。

表 1. 形状ごとの回答率

報告形状	提示形状			
	球体	立方体	直方体	円柱
球体	26.67	10.00	16.67	40.00
立方体	20.00	46.67	20.00	30.00
直方体	36.67	23.33	40.00	10.00
円柱	16.67	20.00	23.33	20.00

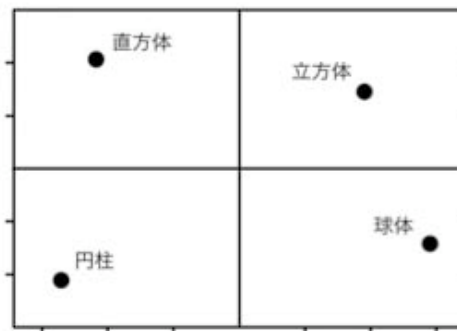


図 7. 知覚された形状の分類

被験者によって知覚された形状は、アスペクト比と縁の鋭さ(滑らかさ)に分類された。多次元尺度構成法により被験者が知覚した形状を非類似度から形状を分類した。その結果、被験者によって知覚された形状は、図7のように配置された。縦の軸は、縁の滑らかさを表し、横の軸はアスペクト比を表すものと解釈できる。このような手がかりをユーザが用いているとすると、空間認識装置の改良や使用方法に有益な示唆となる。

さらに、形状知覚の際のCyARMの動かし方を検証する為に、腕の振りをモーションキャプチャと身体の各部の位置データの時系列解析を行なった。その結果、センサー部と手首間の同期よりも肩や肘の同期が重要(成功率が高い)であることが分かった。身体の起点からの変化量を理解しやすい体の動かし方が、外界理解の鍵となる可能性がある。

また、感覚代行装置の学習効果をみる実験では、短期間の練習(短時間の練習を3日行なう)をするだけで形態の判別率が80%に達した。

視覚以外のモダリティを用いて、視覚障害者に、「物体の存在」、「物体までの距離」、「隙間や厚み」を理解させることが可能であることが示唆された。特に身体を動かす能動的な探索により認識率は高くなり、形状を理解するという高度な認識も、現状の装置である程度可能なことが分かった。更に、スキルの向上(学習効果)により更に認識率が向上することが示唆された。

CyARM Level 5は、レバーの角度に距離を割り当てた物であり、タイムラグが少なく、外界の情報を獲得することができる。この試作機の評価はまだ終わっていないが、携帯電話のボタンの凹凸まで知覚できるという報告もあり、認識率が更に向上することが期待できる。

この研究は、知覚のための身体の行為を基盤に置いた新しい知覚システムの研究である。障害者関連の国際会議、ヒューマンインタラクションの国際会議、生態心理学の国際会議での評価は高かった。人間はこのような新しい知覚システムでどこまで外界を理解できるのか、あるいは学習の効果や共同注意の詳細な評価実験等研究課題は多い。また、障害者の補助器具という応用だけでなく、健常者の新しい知覚装置としての応用も考えられる。今後も、「理解可能な新しい知覚の創造」を目指して研究を継続したい。

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)

①Tetsuo Ono, Takanori Komatsu, Jun-ichi

Akita, Kiyohide Ito and Makoto Okamoto, CyARM: Interactive Device for Environment Recognition and Joint Attention Using Non-Visual Modality, Lecture Notes in Computer Science, 査読有, 4061/2006, 2006, p1125-p1258.

②岡本誠, 「空間認識装置(CyARM)の情報デザイン」, 日本デザイン学会誌デザイン学研究特集号, 査読有, 第13巻3号, ISSN 0919-6803, pp28-35, 2006.1.

③秋田純一・伊藤精英・小野哲雄・岡本誠, CyARM: 非視覚モダリティによる空間認識装置, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.46, No. 7, pp.1693-1700, 2005.7.

[学会発表] (計 10件)

①Ryo Mizuno, Kiyohide Ito, Junichi Akita, Tetsuo Ono, Takanori Komatsu, Makoto Okamoto, User's Motion for Shape Perception using CyARM, The 13th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2009), 2009.7, San Diego, USA.

②Ryo Mizuno, Kiyohide Ito, Makoto Okamoto, Analyses of User's Action for Perceiving Shapes Using an Active Perception Device, The 15th International Conference on Perception and Action (ICPA15), 2009.7, Minneapolis, Minnesota, USA.

③水野亮, 伊藤精英, 小野哲雄, 秋田純一, 小松孝徳, 岡本誠, CyARMによる形状知覚のための身体動作, ヒューマンインタフェースシンポジウム2008, 2008.9, 大阪大学 大阪.

④Ryo Mizuno, Kiyohide Ito, Junichi Akita, Tetsuo Ono, Takanori Komatsu, Makoto Okamoto, Shape Perception using CyARM-Activity Sensing Device, International Conference of Cognitive Science 2008 (ICCS2008), 2008.7, Yonsei University, Seoul, Korea.

⑤水野亮, 伊藤精英, 秋田純一, 小野哲雄, 小松孝徳, 岡本誠, 能動的センシングデバイス CyARMによる形状知覚, 第55回日本デザイン学会春季研究発表大会, 2008.6, 広島.

⑥Takanori Komatsu, Tetsuo Ono, Jun-ichi Akita, Kiyohide Ito, and Makoto Okamoto, "See it by Hand -- CyARM: Enhancing interaction ability without using visual

information," Proceedings of 3rd Int. Conf. on Computational Intelligence, Robotics and Autonomous Systems (CIRAS2005), SS4B-2 (CD-ROM), 2005.12, Singapore .

⑦ Makoto Okamoto, Junichi Akita, Kiyohide Ito, Tetsuo Ono, "See it by Hand - CyARM," Proceedings of 2nd International Conference on Enactive Interfaces (Enactive05), 2005.11, Italy.

⑧ Junichi Akita, Kiyohide Ito, Takanori Komatsu, Tetsuo Ono, Makoto Okamoto, "CyARM: Direct Perception Device by Dynamic Touch," Proceedings of 13th Int. Conf. on Perception and Action(ICPA), H. Heft&K. L. Marsh(Eds.), Studies in Perception & Action VIII, pp. 87-90, 2005.7, USA.

⑨ 伊藤 精英・岡本 誠・秋田 純一・小松 孝徳, CyARM-触覚による環境探索支援装置の開発とその応用の可能性, 日本特殊教育学会第43回大会, P3-20, 2005

⑩ Kiyohide Ito, Makoto Okamoto, Junichi Akita, Tetsuo Ono, Ikuko Gyobu, Tomohito Takagi, Takahiro Hoshi, Yu Mishima, CyARM: an Alternative Aid Device for Blind Persons, Proceedings of Conf. on Human Factors in Computing Systems 2005 (CHI2005), pp.1483-1486, 2005.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 共同注視検出装置

発明者: 秋田純一 他 4 名

権利者: 公立はこだて未来大学

産業財産権の種類: 特許

番号 100083806

出願年月日: 2005 年 3 月 30 日

国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡本 誠 (OKAMOTO MAKOTO)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号: 90325887

(2) 研究分担者

小野 哲雄 (ONO TETSUO)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号: 40343389

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

秋田 純一 (AKITA JUNICHI)

金沢大学大学院自然科学研究科・電子情報科学専攻・准教授

研究者番号: 10303265

小松 孝徳 (KOMATSU TAKANORI)

信州大学ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点・助教

研究者番号: 30363716

(2005 年度から 2008 年度)

(3) 連携研究者

小松 孝徳 (KOMATSU TAKANORI)

信州大学ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点・助教

研究者番号: 30363716

(2009 年度)

(4) 研究協力者

水野 亮 (MIZUNO RYO)

公立はこだて未来大学

システム情報科学研究科・博士後期学生