

CyARM：非視覚モダリティによる空間認識装置

秋田 純一[†] 伊藤 精英^{††}
小野 哲雄^{††} 岡本 誠^{††}

本稿では、我々の身体が持つ感覚を拡張するというユーザインタフェースコンセプトとその1つの実装について述べる。我々は、視覚や触覚などの感覚を通して外界から様々な情報を受け取る。そこで我々が外界を認識する能力を拡張、または身体障害者の感覚代行機器として、既存の感覚機能を拡張するという発想が考えられる。このような発想に基づき、本稿では、我々の腕が外界認識において果たす「探る」という行為に着目し、この機能を利用した、CyARMと名づけた空間認識装置についてその実装方法とともに述べる。CyARMは超音波距離センサとユーザの腰に装着し、長さが計測された距離に基づいて制御されるワイヤとから成る。CyARMを向けた方向に障害物が存在しない場合は、ワイヤは固定されずにユーザは腕を伸ばすことができるが、障害物が存在する場合は距離に応じてワイヤの長さが収縮および固定され、ユーザは腕を伸ばすことができず、あたかも障害物に触れているような感覚を生む。CyARMを使ったいくつかの評価実験を行った結果、空間認識における有用性を確認できた。その結果に基づくCyARMの改善点についても述べる。

CyARM: Environment Recognition Device Using a Non-visual Modality

JUNICHI AKITA,[†] KIYOHIDE ITO,^{††} TETSUNO ONO^{††}
and MAKOTO OKAMOTO^{††}

This paper describes a new concept of user interface as extending our senses, and one implementation of this concept. We receive various signals from outside environment through our sense devices, such as vision, tactile, and so on. It is natural to use a device to assist such senses for extending our senses for environment recognition, and this implies a possibility for assistant devices for disabled persons. In this paper, we focus on the function of our arm's action for environment recognition by grouping objects, and describe the concept of the environment recognition device named CyARM, as well as its implementation and its evaluations. The CyARM has ultrasonic distance sensor and a wire connected to the user's body, which is controlled by motor according to the measured distance. The user can extend the wire by stretching the arm when no object can be found at the aiming direction. If some objects are found at the aiming direction, the wire are retracted and fixed at the certain position in order to keep the user's arm flexed; the user will feel like touching something. The result of evaluation experiments shows the effectiveness of CyARM for environment recognition, and we also describe its improvements.

1. はじめに

人は様々な障害物を避けて歩き、道端の花に眼を奪われ立ち止まる。そんな何気ない行動を支配しているのは人間の脳と感覚器官の働きの負うところが大きい¹⁾。しかし、たとえば昆虫は複眼によって世界を認識し、コウモリは超音波によって餌となる虫を知るように、動物のすべては自分たちの生息する環境に適応させるために感覚器官と認識能力を各々に進化させて

いるため、それぞれの見る世界観は必ずしも同じではないと考えられる。

人間の感覚器官は、対象物への接触の有無によって大きく以下の2つに分類することができる²⁾。

接触受容器：対象物に接触し、皮膚などを通して受ける感覚を受け持つ器官。すなわち、触覚、味覚。

非接触受容器：対象物に接触せずに検知できる器官。すなわち、我々の目（視覚）、鼻（嗅覚）、耳（聴覚）。

人間がもしこれらの受容器の1つでも欠いたらほかの感覚受容器を使って機能を補おうとする。聴覚の発達した視覚障害者は、部屋にレイアウトされている物が非発音体の場合、同一波の直接音と反射音の関係を利用することによって空間を認知可能であり、発音

[†] 金沢大学

Kanazawa University

^{††} 公立はこだて未来大学

Future University-Hakodate

体については（まさにその音により）、空間認知が可能である。しかし人間に本来備わっている感覚器官で不足した感覚器官の機能を補おうとしても限界があるのは明白である。事故や病気などで失った感覚機能を元どおりに復元する技術はまだ確立されていないが、残された感覚器官の働きを拡張して新しい知覚手段を獲得することは可能であると考えられる。すなわち目、鼻、耳、舌、皮膚など以外の、普段は意識的に感覚受容器として用いていない部位の動きから得られる運動感覚などを、空間認知などの知覚に活用することを考えると、感覚代行機器の可能性は大きく広がる。

本稿では、我々が持つ身体機能をより有効に利用したり、足りない機能を補充したりするインタフェースの実現に関して、その1つの実装として、CyARM（サイアーム）と名づけた、特に視覚障害を補完する新しい感覚代行装置について、そのコンセプト、実装、および評価について述べる。

2. CyARM のコンセプト

まず視覚補助装置のインタフェースに関する課題と CyARM のコンセプトについて述べる^{3)~5)}。

2.1 視覚補助装置の課題

視覚障害者^{*}のための多くの視覚補助装置はユーザインタフェースの観点から2つのグループに分類される。1つは、出力として音を使うものであり、超音波距離センサなどによって周囲の環境から集められた情報を、ユーザが聞こえる可聴音に変換することで提示する装置である。もう1つのグループは、出力として触覚を使うものであり、センサによって得られた情報が、振動などの触覚刺激としてユーザに伝達される装置である。

いくつかの市販されている装置は、可聴音や振動が質的あるいは量的に変化することによって距離についての情報を伝えるものであり、視覚障害者のユーザは、容易に距離の相対的な変化を発見することができる。しかし視覚障害者自身が正確な距離を明示することは難しく、彼らは物体への距離を識別するために推論のような、彼らの認知の技能を使わなくてはならない。

視覚障害の歩行者が動き回るためには、彼らが方向についての情報（空間情報）を得ることはきわめて重要である。たとえば Sonicguide⁶⁾ などの機器で用いられているような可聴音の出力は、空間情報を提供することに役立つが、装置によって生み出された人工の

音が、視覚障害者のユーザが普段聞いている歩行や生活に必要な自然の音を遮ってしまう問題が指摘されている。

前述の問題を解決することを目的として、我々は視覚障害者が、推論なしで距離やほかの空間情報を認知することができる新しい感覚の補償装置を設計した。我々が提案する装置は、「直感的な」インタフェースによって、視覚障害者の環境認知の可能性を拡大しよう意図したものである。

2.2 コンセプト

近年人間との共存を目的として、我々が住む環境で移動することが可能な移動ロボットに関する研究が多くある。空間を移動するロボットは、超音波や赤外線センサを搭載して環境を認識するが、これらに應用されているセンサ技術と、ユーザにとって理解しやすい新しいインタフェースを結び付けることができれば、たとえば視覚障害者が環境を認識するのに有益な装置を作ることができると考えられる。このような装置には、超音波や赤外線などの信号を我々が直接認識できないため、人間にとって直感的で分かりやすい伝達方法（ユーザインタフェース）の実現が不可欠である。

前述のように、距離情報を聴覚情報や触覚情報に変換するインタフェースを実装している機器もあるが、特定の音程や音色、振動などの情報を、物体までの距離と結び付けることはユーザに多大な負荷をかけることとなる。一方、たとえば我々が目を閉じて歩行しようとする、自然に手を前に伸ばして環境を探索しようとする。この行為は、昆虫の触覚のようであるといえ、視覚障害者が使用する白杖の機能の1つもこれと同じとすることができる。すなわち白杖などの媒介物を保持した場合や直接に物体に触れる場合でも、物体に触れると反発力は腕に伝わる。すなわち近くの物体に触ったときは肘は曲がった状態であり、腕や杖で触れる範囲にある遠くの物体に触るときは、当然肘は伸びた状態である。このことから、人の腕の屈伸運動に能動的に負荷をかけることによって、物体までの距離感を伝達するインタフェースが可能であると考えられる（図1）。このインタフェースは、別の観点から見ると、腕の屈伸運動によって距離情報などの空間情報を得ていると考えることができる。本稿で述べる CyARM は、このような人の身体動作のメタファを用いた新しいインタラクティブな環境探索装置であり、腕を空間情報の取得に用いる、いわば知覚拡張装置である。

ユーザは CyARM を手に持ち、探りたい方向に向け前後に手を動かすことによって環境を探索すること

^{*} 本稿での視覚障害とは、視覚によりまったく外界を知覚できない、いわゆる全盲のことを指すこととする。

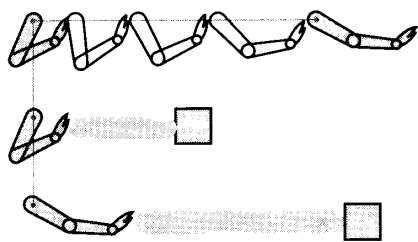


図1 腕の動作のメタファ

Fig.1 Metaphor of arm's motion.

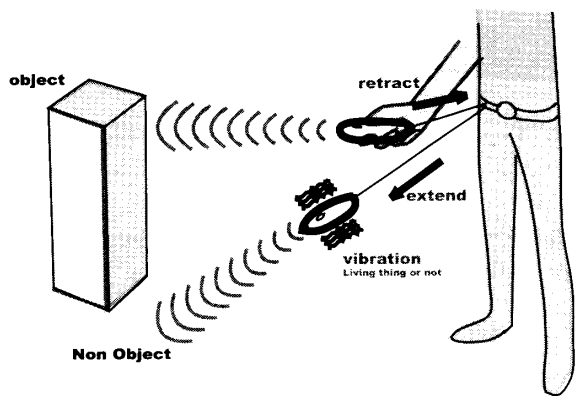


図2 CyARM コンセプトスケッチ

Fig.2 Concept sketch of CyARM.

ができる (図2)。CyARM とユーザはワイヤで結ばれており、障害物までの距離は、超音波センサによって計測され、この計測された距離に応じて、ワイヤの張りの度合いが制御される。障害物が近い場所にある場合は、CyARM がワイヤを巻き取るように動作し、ユーザは自分の腕を曲げられることで、近くにある障害物を知覚することができる。逆に障害物が遠くにある場合は、CyARM のワイヤは能動的には動作せずに自由に伸ばすことができ、遠くにある障害物を知覚することができる。そして手に保持する CyARM の向ける方向を変えることによって、ユーザはどんな方向でも障害を捜すことができる。なお触覚情報のフィードバックを用いて感覚を表現するデバイスに関する研究もあるが^{7),8)}、仮想現実空間内での質感などの表現を対象としているものであり、ユーザの探索行動と連携して空間認識を行う CyARM とはアプローチが異なる。

3. ユーザインタフェースの開発

我々は、CyARM のユーザインタフェースおよび性能評価のためにプロトタイプを開発した。

3.1 装置の機構

超音波距離センサは、発した超音波が戻るまでの時間を計測することで障害物までの距離を測定する。そして計測された距離に従って、ワイヤの送り出しと巻き戻しが所望の動作をするように、モータの軸の位置

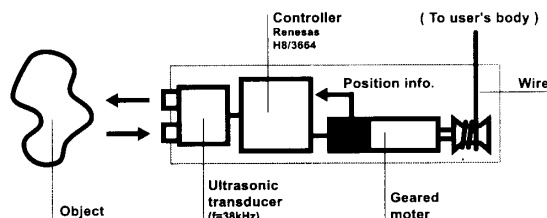


図3 CyARM の構成

Fig.3 Architecture of CyARM.

が制御される。ワイヤは使用開始時に最も巻き取った状態に戻る。計測された距離から決まる腕の伸びに対応するワイヤの位置よりも現在のワイヤの伸びが短い場合は、モータは自由な状態となってワイヤを固定せず、ユーザは腕を自由に伸ばすことができる。ただしユーザが腕を伸ばして所定のワイヤの位置まで伸びた場合は、それより先に腕を伸ばすことができないようにワイヤが固定されるように位置制御がかかる。逆に計測された距離がワイヤの伸びよりも短い場合は、ユーザの腕を強制的に曲げるようにワイヤを所定の位置まで巻き取る。試作した CyARM の構成を図3に、また諸元を以下に示す。

モータ：Maxon GP16 (4.5 W) 29：1 ギヤヘッド、
磁気ロータリーエンコーダつき
モータドライバ：iXs iMDs03-CL
プロセッサ：Renesas H8/3664F
超音波の周波数：40 kHz

なお用いた超音波距離センサから発せられる超音波の波長はほぼ 8.5 [mm] となり、理論上はこの程度の大きさの物体まで検出が可能であることになる。また超音波の照射角度は、-6dB (半減) 全角で 50 [度] であり、センサの向いている方向からこの範囲内に物体が存在すれば検出されることになる。

なお超音波センサでの距離測定周期は 60 [ms] である。また試作した CyARM のワイヤの巻き取り速度は約 1.0 [m/s] であり、モータに電流を流していない状態で、ユーザがワイヤを引き出すことができる速度もほぼ同程度である。したがって腕を最も伸ばした状態から最も縮めた状態までの、実用的なワイヤの繰出し量を 0.5 [m] と仮定すると、ワイヤの引き出し・巻き取りに要する時間は最大で $0.5 \div 1.0 = 500$ [ms] となる。したがって、物体検知から腕の動作が完了するまでに要する時間は、最大で $500 + 60 = 560$ [ms] 程度となることになり、最大で約 0.5 秒のフィードバックへの遅れが生じることになる。

3.2 パッケージデザイン

試作した機能評価用の CyARM プロトタイプを図4に示す。超音波センサは障害物を狙いやすいように

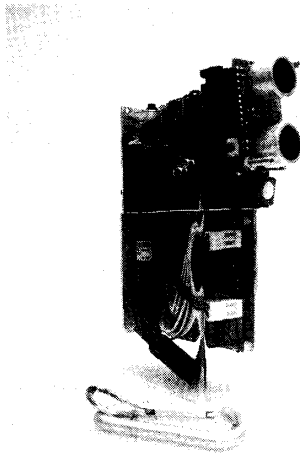


図4 CyARM 評価用プロトタイプ

Fig. 4 Evaluation prototype of CyARM.

CyARMの前方に取り付けられている。モータの巻き取り機構から引き出されるワイヤの端にはフックがついており、ベルト通しなどを利用してユーザの身体に装着される。試作した評価用 CyARM プロトタイプの概要は以下である。

重量 500g

外形寸法 15 cm×10 cm×3 cm

距離計測範囲 1 m-3 m

この評価用プロトタイプモデルは機能評価用であるためにやや保持しにくく、より小型軽量で、そして持ちやすいパッケージを検討中である。

4. 評価

CyARMのユーザインタフェースや性能を評価するために2つの実験を行った。1つは、ユーザがCyARMを使って物体の存在を識別することができるかどうかの評価を目的としたものであり、もう1つは、壁をすり抜ける課題に対してほかの装置との比較を目的とするものである。

4.1 対象物の有無の認識実験⁵⁾

最初の実験はユーザがCyARMを用いて対象物の有無を認識することができるかどうかの評価を行うものである(図5)。検出対象物には、超音波を反射しやすい素材として可搬式のホワイトボードを使用し、これを被験者の前方2mに設置することとした。対象物の大きさは、用いている超音波センサの照射角度が約50度であることから、幅1m程度とし、また今回の実験では、上下方向の探索行動は対象としないこととし、高さはユーザの身長よりもやや高めめの2m程度のものを使用することとした。

被験者は4人の晴眼者と1人の視覚障害者の計5名である。視力に障害がない被験者には、視界を遮断す

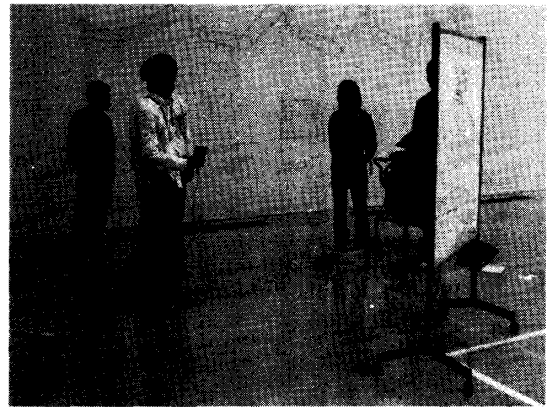


図5 対象物の有無の認識実験

Fig. 5 Experiment for recognizing the existence of object.

表1 対象物の有無の認識実験の結果。(括弧内は標準偏差)

Table 1 Result of experiment for recognizing the existence of object (with standard deviations in parentheses).

	あると感じた	ないと感じた
白板あり	90% (17.3%)	10% (17.3%)
白板なし	4% (8.9%)	96% (8.9%)

るためにアイマスクを着用させた。さらにすべての被験者は、認識対象物を移動させたり実験補助者の移動にともなう音など外界の音が物体認識の助けにならないようにステレオヘッドホンを着用しノイズを聞かせた。すべての被験者はCyARMを装着して決められた場所に立ち、認識対象物のホワイトボード(幅1m、高さ2m)が被験者の前方2mに設置された。

被験者にはホワイトボードの有無をCyARMによって探り、ホワイトボードがあると感ずるか否かを感じて申告するよう求められた。ホワイトボードの有無はランダムに設定され、被験者1人あたり計20回の試行を実施した。実験結果を表1に示す。なお試行に要した時間は、1回の提示あたりのCyARM使用時間は平均で2~3秒程度で最大でも10秒程度であり、提示の準備時間と事前の練習時間をあわせたCyARMの使用時間は、各被験者とも45分程度であった。

認識対象物が存在した状態は10回のうち9回正確に識別することができ、また認識対象物が存在しなかった状態では10回のうち9.6回正確に識別することができた。なおこの結果に対する χ^2 検定の結果、被験者は対象物の有無を正確に認識していたといえる。 $(\chi^2 = 61.9, p < 0.001)$ またこの結果に対して信号検出理論によって求めた d' は $d' = 3.59$ となり、正確な弁別を行うことができていたことが示された。この実験結果により、CyARMで対象物の有無の判定が可能であることが示された。なお今回の実験では、視

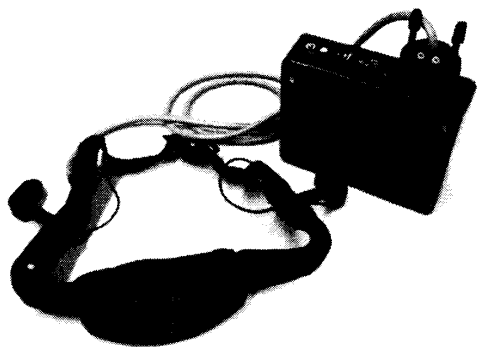


図 6 TriSensor
Fig. 6 TriSensor.

覚障害者の被験者が1人であったため、晴眼者と視覚障害者の認識率の差を判定することはできなかった。

またこの実験後の被験者のインタビューなどから、以下の課題も明確になった。

巻取り力 「白板あり」で「ないと感じた」ケースが10%、「白板なし」で「あると感じた」ケースが4%発生した。これはCyARMの巻き取り力を弱く設定していたことが影響したと考えられる。実験後のインタビューでも、「引く力が弱かったので微妙な張力の変化に慣れるのに時間を要した」というコメントがあがった。したがって、ユーザの腕の力に応じた張力の設定が必要であると考えられる。

レイアウト ワイヤの巻き取り部分と保持する手の位置が上下にずれているために、ワイヤを巻き取るたびに手を中心とした意図しない回転が発生し、不快感を生むことが実験後のインタビューで指摘された。

4.2 比較評価実験

続いて、壁をすり抜けるという課題に対して、CyARM とほかの空間認識装置との比較を目的とした実験を行った。比較対象とした装置は、TriSensor (KASPA, 図6)である。このTriSensorは、超音波を発して対象物までの距離を計測し、その情報を可聴音の高低に変換する空間認識装置である。

この実験は、被験者の視界を妨げるためにアイマスクをつけた4人の被験者(すべて晴眼者)によって実施された。被験者はCyARMとTriSensorの一方を交互に用いて、2つの壁の間を通り抜ける課題を与えられた(図7)。壁と壁の隙間は0.5mと1mの2種類とし、隙間へのアプローチ角度を正面からと斜め45度の2種を設定した。また隙間の形状は図8の4通りを準備した。被験者には、実験の前にそれぞれの装

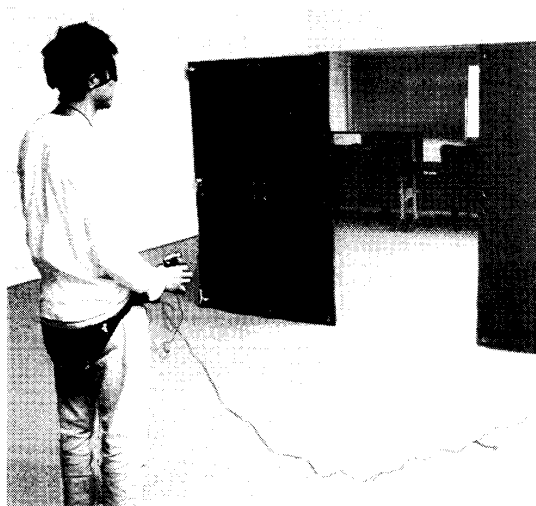


図 7 壁のすり抜け実験

Fig. 7 Experiment for recognizing the gap of the wall.

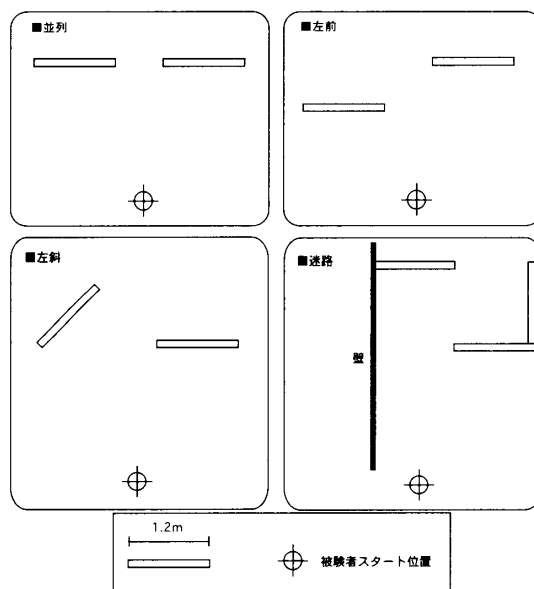


図 8 壁のすり抜け実験で用いた4通りの壁の配置

Fig. 8 Variation of wall placements used in the experiment for recognizing the gap of the wall.

置の使用方法と使用感触を試してもらい実験を開始した。この実験の過程では、探索の様子を被験者自身が声に出して発話することが求められた。また一連の探索行為はビデオで記録し、被験者の行動を分析した。CyARM および TriSensor のそれぞれを用いた場合の、壁のすり抜けに要した時間を表2に示す。さらに実験後のインタビュー調査により、とまどいのシーンの原因の聞き取り調査を行った。

この実験の結果、両方の装置とも障害物(壁)や壁と壁の隙間を認識することができた。またタスクの達成までの所要時間は、CyARMを用いた場合のほうが48%ほど長くなっていることが分かる。それとあわせて、CyARMの操作に関して以下のような課題が指摘

表 2 壁のすり抜け実験のタスク達成時間
Table 2 Time for task of walking along the gap of the wall.

被験者 位置	壁隙間 [cm]	隙間 形状	CyARM		TriSensor	
			平均時間 [s]	標準偏差 [s]	平均時間 [s]	標準偏差 [s]
正面	50	並列	90.0	66.5	63.0	9.90
正面	100	並列	77.7	19.6	43.7	35.8
正面	100	左前	38.5	29.0	25.5	4.95
正面	100	左斜	77.5	43.1	21.5	2.12
正面	120	迷路	100.5	14.8	47.0	5.66
右 45 度	100	並列	75.5	6.36	39.0	—
平均			76.6	32.4	39.9	21.4

された。

フィードバック CyARMはモータでワイヤを巻き取るため、TriSensorと比較してフィードバックに時間遅れが生じる。被験者は最初に大まかに物体の配置を探ろうとするが、このときには装置を上下左右に比較的大きく振りまわす。すなわち空間認識の初期に、大まかに環境を把握しようとする場合には、この時間遅延が問題となることが考えられる。

疲労 使用したCyARMはプロトタイプモデルであるために500gの重量があり、長い時間操作していると腕の肉体的疲労感を感じるとの指摘が多くあった。一方、TriSensorは常時耳で人工音を聴くため不快感を感じることが指摘された。視覚障害者は通常聴覚情報をもとに外界の認識を行っているが、晴眼者でさえ不快な印象を持つ音で環境音を遮ることは問題であると考えられる。またTriSensorでは、センサ部を前頭部に固定するため、注視する方向につねに顔を向けなくてはならないのも問題であるとの指摘があった。

感触に関する発話 実験中の発話には、以下のような興味深いものがあった。

- 「モノがある」
- 「ぬけた感じ」
- 「ひらけた感じ」

両装置を壁に向けたときの発話が「モノがある」という発話であり、「ぬけた感じ」や「ひらけた感じ」は圧迫感からのがれた感触を言語化している。「ぬけた感じ」や「ひらけた感じ」という感触を表す言葉は、視覚障害者も用いる言葉である⁹⁾。

本実験から導かれるCyARMの特徴と課題

CyARMを使ったユーザは、壁の端を理解するだけでなく、障害物の板の厚さを理解することができたことが分かったことは興味深い結果であると考えられる。また実験中に、偶然に実験場を速く歩いている人(実験補助者)を認識することがで

きた。これらは、CyARMの新たな可能性を暗示すると考えられる。

5. 改善への視座

以上2つの評価実験の結果をもとに、CyARMの改善のための視座をまとめる。

5.1 ダイナミックな空間把握

視覚は、空間の印象を、大まかにつかむことも、細部を注視することも可能である。CyARMはセンサから送出される超音波を狭い範囲に照射して距離を測定するため、空間の印象を把握するためには、何度か一次的に対象領域をスキャンしなければならない。したがって、視覚には及ばないまでも、時間をかけることで空間の印象を認識できる可能性があると考えられる。もちろんCyARMによって認識される印象は距離情報に基づくものであり、視覚で得られる印象と等価ではないことは意識下においておく必要がある。

また外界の印象を形成するためには、超音波の照射方向の距離情報が比較的すばやく身体に伝達される必要がある。この時間遅れが大きいと、比較的すばやくCyARMを動かした場合に、物体の特徴点の位置の特定が難しくなると考えられる。

5.2 形状理解

CyARMは、形状を理解する目的には優れた性能を発揮できる可能性が高いと考えられる。実際、被験者の1人の盲人は、初めてCyARMの初期モデルを手にしたときに、いきなり吹き抜けの天井方向にCyARMを向けて、すぐ上に少し張り出していた庇の形状を理解した。実際には「ここに何か引っかかるものがある」という表現であったが、白杖では理解できなかった新たな空間認識ができあがったことと理解することができた。また壁面通過実験で壁の端面をさわってみた被験者が壁の厚さを理解できたことも興味深い。照射した超音波の反射波が、対象物体の何らかの情報を含んでいることは考えられるため、形状の理解がどこまでできるかは今後の実験で詳細を明らかにしていく予定

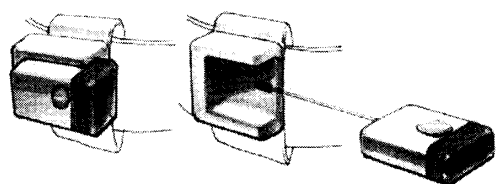


図9 次期プロトタイプ概念スケッチ

Fig.9 Idea sketch for next generation CyARM.

である。

5.3 疲労

初期のプロトタイプを長時間使用すると重量による疲労の問題が発生することが実際に指摘された。次期プロトタイプでは、手に保持するパーツをできるだけ小型で軽量にするように設計を始めている (図9)。

5.4 レイアウト

プロトタイプではセンサ、ワイヤの巻き取り口、ワイヤ、腰のホルダを結ぶ線上 (注視直線) から離れたところに、手で握る部位が配置されていたため、無駄な回転力が発生し、手首の疲れや照準のぶれの原因となった。次期プロトタイプでは、保持する部位が注視直線上にあるような構造とすることが必要であると考えられる。

5.5 触覚記号

視覚障害者の場合、使用する CyARM のセンサ部が、どこに装備されているかを認識できることが必要となる。センサ部が触って安全であり、かつセンサ部であることが容易に分かることが必要である。スイッチ類などに関しても同様である。

6. まとめ

本稿では、我々の身体が空間認識などに果たす役割を柔軟にとらえなおし、身体の機能を拡張するユーザーインタフェースの提案と、その具体例として視覚障害者の歩行や周囲の物体を認識する能力を助けるための新しい空間認識装置である CyARM の提案と試作、評価を行った。CyARM では、ワイヤがユーザの体に接続され、障害物への距離計測に従ってワイヤの長さがコントロールされる。このユーザーインタフェースは、視覚障害者に実際に存在する障害物にまでのびる「仮想の腕」の印象を与えるユニークな特徴を持っている。また我々は、プロトタイプを作るために CyARM の実装方法とパッケージデザインを検討した。今後は、まず装置の小型化や持ちやすさの改善などが必要であると考えられる。さらに、対象物が柔らかいか硬いか、熱いか冷たいか、あるいは生物か人工物かといった物

体属性情報を認識させるセンシング方法およびユーザーインタフェースを実装していき、CyARM によって、「環境を感知すること」の新たな意味を与えていく予定である。さらに2人以上の人々が同じ物体を見守るか、あるいは触る感覚の実現、すなわち「共同注意」あるいは「触覚共同注意」とでも呼ぶべき感覚の究明へも展開していく予定である。

参考文献

- 1) 吉本千禎：指で聴く，p.10，北海道大学図書刊行会 (1979)。
- 2) エドワード・ホール：かくれた次元，p.63，みすず書房 (1976)。
- 3) 高木友史，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直感的な空間認識インタフェース，インタラクション2004 論文集，IPJS Symposium Series, Vol.2004, No.5, pp.181-182 (2004)。
- 4) Akita, J., Takagi, T. and Okamoto, M.: CyARM: Environment Sensing Device using Non-Visual Modality, *CSUN2004 International Conference on Technology And Persons With Disabilities* (2004)。
- 5) Okamoto, M., Akita, J., Ito, K., Ono, T. and Takagi, T.: CyARM: Interactive Device for Environment Recognition Using a Non-Visual Modality, *International Conference Proceedings Computers Helping People with Special Needs (ICHP2004)*, pp.462-467 (2004)。
- 6) Carter, C. and Ferrell, K.A.: The implementation of Sonicguide with visually impaired infants and school children, *Sensory Aids Corporation Bensenville, Ill.*, Campbell, D.W. (Ed.) (1980)。
- 7) 長谷川晶一，小池康晴，佐藤 誠：フォースディスプレイを用いた剛物体操作のための物体形状と外力の提示方法，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，TVRSJ, Vol.7, No.3, pp.323-328 (2002)。
- 8) 金 載洵，洪 性寛，佐藤 誠，小池康晴：SPIDAR を用いた size-weight illusion の検証，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，TVRSJ, Vol.7, No.3, pp.347-354 (2002)。
- 9) 佐々木正人，三嶋博之 (編)：身体とシステム：アフォーダンスと行為，p.75，金子書房 (2001)。

(平成 16 年 10 月 18 日受付)

(平成 17 年 5 月 9 日採録)



秋田 純一 (正会員)

昭和 45 年生。平成 10 年東京大学大学院工学系研究科電子情報工学専攻博士課程修了。同年金沢大学工学部助手。平成 12 年公立ほこだて未来大学システム情報科学部講師。平成 16 年金沢大学大学院自然科学研究科講師。集積回路，特に Vision Chip 等のアナログ並列処理系アーキテクチャと，その応用システム，特にインタラクティブシステムに関する研究に従事。博士 (工学)。電子情報通信学会，映像情報メディア学会各会員。



伊藤 精英

昭和 39 年生。平成 10 年筑波大学大学院博士課程修了。平成 10~12 年日本学術振興会特別研究員。平成 12 年公立ほこだて未来大学講師。平成 17 年より同助教授。専門は生態心理学。日本心理学会，日本認知科学会，国際生態心理学会ほか各会員。



小野 哲雄 (正会員)

昭和 35 年生。平成 9 年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。同年 (株) ATR 知能映像通信研究所客員研究員。平成 13 年公立ほこだて未来大学情報アーキテクチャ学科助教授。平成 17 年より同学科教授。平成 14 年より (株) ATR 知能ロボティクス研究所非常勤客員研究員。博士 (情報科学)。認知情報科学，人工知能一般に興味を持つ。特に，インタラクティブシステム，ヒューマンロボットコミュニケーション，感情の計算モデル，共通言語の進化等に関する研究に従事。認知科学会，人工知能学会各会員。



岡本 誠

昭和 31 年生。昭和 61 年筑波大学大学院芸術研究科生産デザイン修士課程修了。芸術学修士。同年富士通株式会社総合デザインセンター入社。平成 12 年公立ほこだて未来大学情報アーキテクチャ学科教授。富士通株式会社では，ユーザインタフェースデザイン，アドバンスデザイン，デザイン先行研究等に従事。特に，仮想空間を用いたコミュニケーション環境の研究等を行う。現在は，情報デザインの分野で，シナリオを用いたデザイン手法，知覚拡張のユーザインターラクション，デジタルダイアグラム等の研究に従事。日本デザイン学会会員。