

平成 22 年 5 月 12 日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007 ～ 2009
 課題番号：19700191
 研究課題名（和文）
 マルチモーダル人間行動センシングによる緊急時パニック状態の人間への実時間行動指示
 研究課題名（英文）
 Real-time Action Instruction to People in Emergency by Multimodal Human Action Sensing
 研究代表者
 前 泰志（MAE YASUSHI）
 大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授
 研究者番号：50304027

研究成果の概要（和文）：

緊急地震速報直後など緊急時に人間がとるべき行動を、人間の動作や状況の変化に応じて適宜指示する実時間行動指示システムの構築に関する研究を行った。人間がより理解しやすい行動指示法として、音声指示だけではなく、室内に設置したプロジェクタを用いて緊急避難のための室内での安全領域を提示する方法を提案した。実験により安全領域と避難経路の提示、簡潔な音声指示の組み合わせが避難行動をわかりやすく指示できることがわかった。

研究成果の概要（英文）：

In this study, a real-time action instruction system is proposed, which gives instruction of appropriate actions to people in emergency situation like just after an emergency earthquake alert. Instruction methods using not only audio instruction but also visual instruction with projectors mounted on the environment are proposed. The experiments revealed projection of safety areas and evacuation paths by arrows and brief audio instruction are easier to understand for the people to evacuate.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,600,000	0	1,600,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	510,000	3,810,000

研究分野：ロボット工学

科研費の分科・細目： 情報学 ・ 知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：知能ロボティクス, 知能機械, 情報システム, 人間生活環境

1. 研究開始当初の背景

平成7年の阪神淡路大震災や平成19年の新潟県中越沖地震などの大規模災害の発生により、緊急地震速報や火災警報器などといった災害発生予報や早期発見のための技術

に期待が高まってきている。これらの技術を活かし、速報や警報からの災害発生までの間に事前に適切な対処ができれば、工場やオフィスビル、家庭内での安全確保と被害軽減が期待できる。しかし、警報は突然発せられる

ので多くの人は、慌てたり焦ったりしたパニックのような状態になり適切な対処行動ができないことが予想される。

そこで本研究では、環境内に配置したカメラなどのセンサやタグを用いて、環境内の状況や人間の行動を認識し、その状況に合わせて人間に適切な行動を指示する「実時間行動指示システム」を提案する。これまで、複数のカメラで人間が部屋のなかのどこにいるかを認識する研究やジェスチャなどの人間の動作を認識する研究は多い。他に、人間の生活環境に多数のセンサを配置し、人間の行動をセンシングする研究もある。また、これまで数多くの人間支援ロボットシステムが提案されているが、従来提案されているロボットシステムにおいては、人間の判断は常に正しいことが前提としてあった。しかしながら、本研究が対象としているような緊急時パニック状態において判断能力の落ちている人間に対し、人間の行動に合わせて次に行動すべき行動を、適宜人間に指示する研究はこれまでにない。このような判断能力が落ちている人間に対し状況にあわせて適切な指示を与えるシステムに関する研究はこれまでになく新規性があるといえる。

2. 研究の目的

本研究は、人間の判断能力が落ちている場合に、人間の行動を観察しているロボットシステムが状況を認識し、人間に行動を指示する「実時間行動指示システム」の実現を目的とし、どのような行動指示法が人間にとってわかりやすいかを明らかにする。

実時間行動指示システムの概念図を図1に示す。緊急時行動指示システムは、環境内に設置されたカメラ、マイク、レンジファインダなど複数のセンサから得られた情報を元に人間の行動や状況を認識し、その人間の行動や環境内の状況に合わせて、人間に適切な行動の指示を行う。また、緊急時において人間は、システムからの行動指示を理解する能力も低下していることが考えられる。そこで、システムからの行動指示は、人間にとって理解しやすいことが望まれる。システムは、人間の位置や姿勢、周囲の物体との関係を実時間で認識し、状況に合わせて適切かつ人間に理解しやすい指示を行う。緊急時行動指示システムは、緊急時において判断能力の低下から適切な行動ができない人に対して適切な行動を指示し、人の安全を確保するシステムと言える。本研究では、人間の行動によって状況が変化すること、人間が慌てたり焦っていたりすることで判断能力が落ちていることから、実時間行動指示システムにおける行動指示法として、人間の行動による状況の変化に合わせて、わかりやすく人間に適宜適切に行動指示を与える手法を開発する。

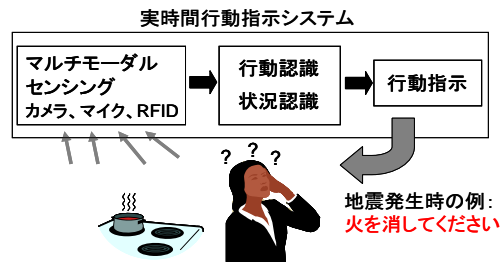


図1. 緊急時実時間行動指示システム

3. 研究の方法

(1) 行動認識に基づく指示法の開発

緊急時の状況、条件を絞り、まず基礎となる身の安全確保のための行動指示システムの基礎的な実験システムの構築を行った。センサとしてカメラを用いる。地震発生前を想定し、緊急地震速報によって得られた情報から、警告を発し、それをきっかけとして、カメラから得られた動画像情報から部屋内にいる人物領域を抽出し、その人物の追跡を行う。追跡によって得られた人間の位置から行動を認識し、その人物が安全領域である机の下に隠れるという避難条件を満たすかどうかの判定を行う。追跡している人物が避難を完了したときに、その場でじっとするように指示する。

構築した実験システムの構成を図2に示す。システムは、以下の4つの処理部から構成される。

- ・ 環境内の状況判断
- ・ 人物の抽出と追跡
- ・ 追跡している人物の行動認識
- ・ 行動や状況に応じた指示生成

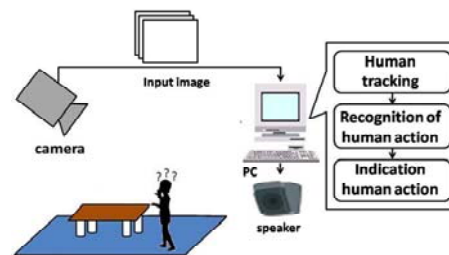


図2. 基礎実験システムの構成

(2) 行動認識と指示

追跡を行っている人物の行動認識とそれに対する指示について述べる。人物が立ち止まっている場合、人物領域の重心位置は移動せず、フレーム間の面積変化も微小である。このことから、追跡している人物領域の重心移動距離とフレーム毎の面積変化による判定を行い、立ち止まりの認識を行う。人物が机の下に避難する時、人物は机付近に位置し、背景差分によって得られた差分画像上では机の下に移動物体領域が現れる。そこで、人物領域が机付近にある場合、机の下内の人物

領域の面積割合によって机の下への避難の判定を行う。一定時間経過しても、人間が避難を行わない場合に対しても指示を行う必要がある。そこで、警報開始からの時間経過を観測し、一定時間経過しても上記の机の下への避難認識が行われない場合に、一定時間経過しても避難を行っていないとして認識する。

下記の3つの行動を行ったと認識した場合、次の指示を行う。

1. 一定時間立ち止まる場合
”立ち止まらずに避難してください”
2. 机の下に避難が完了した場合
”そのままの体勢で動かないでください”
3. 一定時間たっても避難を行わない場合
”早く避難してください”

(3) 行動認識と指示実験

構築した実験システムを用いて、立ち止まりと避難行動の認識を行い、認識結果に応じて指示を行った。カメラは部屋の隅に高さ約2mで設置し、机が、画像のほぼ中心になるようにした。環境内に人間は1人とし、初期状態では直立した状態とする。

立ち止まりの認識について実験を行った。歩いている状態から1.5秒以上立ち止まるという動作の認識を行う。結果として、例を図3に示し、その場に立ち止まったまま動かない場合に、立ち止まり認識ができた。人物が立ち止まると認識した場合、人物領域を二重枠で囲っている。ただし、位置が変わらないまま手足を動かしたり向きを変える動作を行った場合、面積の変化率が大きくなり、認識が不安定となる問題点があることが分かった。



図3. 立ち止りの認識結果

机の下への避難行動の認識について実験を行った。机の下へ入る方向を前面、背面、左面、右面の4方向、それぞれに対して頭から入る場合と足から入る場合について全16パターンについて避難認識の実験を行った。結果として、全てのパターンに対して、人間が机の下に完全に隠れたときに、机の下に入ったという認識が正常に行うことができた。

例を図4に示す。なお、避難ができたと認識した場合、机領域を二重枠で囲っている。また、警報が開始してから10秒以上経過しても避難が完了していない場合において、一定時間経過しても避難を行わないと認識し、指示を行うことを確認した。

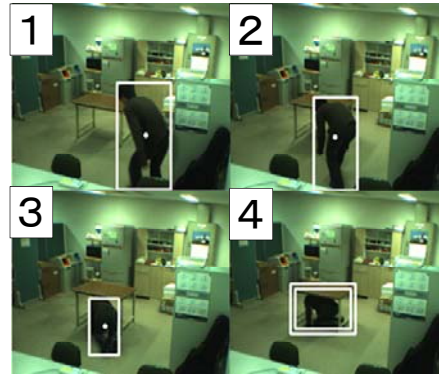


図4. 机の下への避難の認識結果

(4) 人間へのわかりやすい指示法の開発

人間に対する分かりやすい指示方法について研究を行った。行動指示システムにおいて、最も重要なことは、『いかに短時間で人間を安全な場所へと移動させるか』ということである。緊急時では人間が慌てたり焦ってしまい、情報取得能力、判断能力が低下してしまう事があることから、システムからの行動指示は人間にとって分かりやすい必要がある。また、判断能力の低下より、誤った行動をする場合もあるため、システムからの指示を短時間で人間に指示を理解してもらい、指示に従って行動してもらう事ができるのかが重要になる。以上の点より、人間に対する迅速でわかりやすい指示方法が重要となってくる。

そこで、聴覚だけでなく視覚への情報提示を利用した行動指示を提案する。指示に使用するデバイスとして、スピーカとプロジェクタを用いる。デバイスとしてスピーカとプロジェクタを用いた理由は、緊急時行動指示システムは、インテリジェントルームやロボティックルームのシステムの延長上にある事、災害発生時時などの緊急事態という限定した状況だけでなく、通常の生活上でも使用できる事があるからである。聴覚提示の利点としては、大域への指示（「安全な場所へと移動しなさい」など）が容易に可能、注意を促すのが容易が挙げられる。欠点としては、個々の人間に対しての具体的な指示は指示が長くなり最後まで聞くまでに時間がかかる、指示を聞き逃すと再度聞くのに時間がかかるなどといった問題点がある。視覚提示の利点として、机の下といった誰もが安全と判断できる場所がない場合など短時間で避難可能な範囲内でより安全な場所がどこか判断しにくい場合にも、視覚的に安全領域や経

路を提示することで容易に安全領域を理解させることが可能な事、指示が素早く提示可能なこと、提示の変更も高速に可能なことが挙げられる。以上の点を考慮して、スピーカによる聴覚提示とプロジェクタによる視覚提示を組み合わせる指示を行う行動指示法を提案する。スピーカとプロジェクタを組合せた指示方法は様々考えられるが、緊急時においては人間を短時間での確に避難領域に移動させる必要がある。そこで、複数の指示方法について、指示の的確さ、理解のしやすさの点において評価実験を行う。

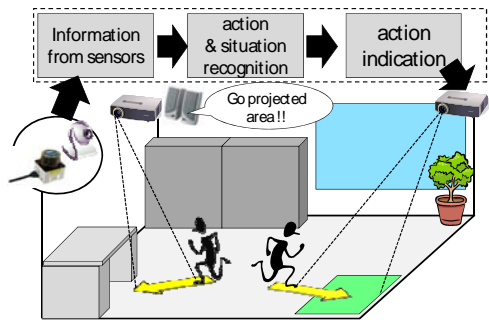


図5. 聴覚と視覚提示による行動指示

① 視覚指示法の評価実験

基本的な視覚提示による指示の分かりやすさを評価するために評価実験について述べる。

実験環境は実験室の一角を用いて行った。プロジェクタが高さ約2.3mの高さから約60度の角度で投影した床面に対して範囲内(2.4m × 1.8m)を実験スペースとして用いる。本実験で人の位置の計測にはレーザーレンジファインダ LRF を用いた。実験スペース内には、環境中に配置された物体で人間の位置からプロジェクタで投影された画像の一部が見えない場合を想定し、遮蔽物を設置した。実験に使用する指示デバイスは、プロジェクタは NEC 社製 LT260 を用い、音声は PC に接続したスピーカから出力した。実験を行う実験者はあらかじめ床面上に一人一人分の領域を複数設定しておく。実験に参加してもらう参加者が避難場所の判断ができないことを模擬するために、参加者にはわからないように、複数領域からランダムに一つを選択し、安全領域とする。環境内に設置した指示用デバイスを通じて、参加者に対して指示を行い、安全領域へと移動させる。

② 実験手順

1. 実験者は設定した領域からランダムに1つを選択し、安全領域とする。
2. 参加者に領域外に立ってもらう
3. 短い警報音の後、指示を開始する。時間の計測を開始する
4. 移動すべき領域へと参加者が移動した場合、終了の指示を送る。時間の計測を終了する

5. 参加者にアンケートに回答してもらう

③ 評価対象とする指示法

視覚への指示法として、安全領域のみの提示と安全領域と矢印による提示の2つに対して比較を行った。

- ・ 領域のみの提示 プロジェクタで安全領域を明るく床面に投影する (図6 (a)) .
- ・ 領域と矢印による提示 プロジェクタで安全領域を投影するだけでなく、LRF によって得られた人間の位置と安全領域を結ぶ矢印を作成し投影する (図6 (b)) .



(a) 安全領域のみ (b) 安全領域と矢印

図6. プロジェクタによる安全領域の提示

④ 評価項目

- ・ 客観的評価
 - 指示開始から安全領域へ到達するまでの時間
 - 指示開始から参加者が指示に従って行動を開始するまでの時間
- ・ 主観的評価(アンケート)
 - 安全領域と矢印, それぞれの視覚効果についてのアンケート(5段階評価)
 1. 提示が見えにくかったか, 2. 提示の表現があいまいか, 3. 提示がすぐ発見できたか
 - 安全領域のみの指示, 安全領域と矢印による指示についてのアンケート(5段階評価)
 1. 安全領域を分かりやすく指示できているか, 2. 安全領域をすぐ理解できたか

⑤ 実験結果

20代前半の参加者10名に対して実験を行った。図7は、安全領域のみを提示する指示、安全領域と矢印を指示を行うシステムそれぞれについて、避難場所として分かりやすく提示できているか、避難場所をすぐに理解できるかの項目について5段階評価したものの平均と標準偏差を表したものである。安全領域のみの指示は表現力が低いという結果からも指示の分かりやすさ、理解の早さにおいてあまりよい結果を得られることが出来なかった。一方、安全領域と矢印の指示を行う指示では、両項目において非常に分かりやすいという結果に至った。これは矢印が提示された安全領域に対して補助的な指示を行っているためである。表1は参加者が安全領域に到達するまでの時間と指示を開始してから動き出すまでの時間を示したもので

ある。注目すべきは、指示を開始してから動き出すまでの時間である。これは、人間が指示を発見し、その指示が何を示しているのかを理解してから動き出すと考えると、発見のしやすさ、理解のしやすさ、理解の早さを総合した評価項目である。この結果においても、領域と矢印の提示方法は理解のしやすく、早い指示が可能となると考えられる。しかしながら、緊急時においてはさらに短時間ですべての人間を安全な場所まで避難させる必要があるため、すべての人間に対して分かりやすい指示が必要となるが、この結果において、領域と矢印指示は分散が比較的大きいことからさらに強制力のある指示方法を加える必要が考えられる。

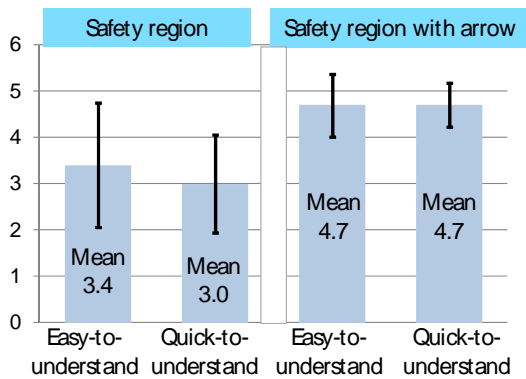


図7. わかりやすさの評価

presentation	Safety region		Safety region with arrow	
	Time to evacuate	Time to move	Time to evacuate	Time to move
Mean (s)	10.48	8.33	5.67	3.47
Std. dev.	6.01	5.42	2.91	2.80

表1. 安全領域への避難までの時間

⑥ 行動指示システムの評価実験

従来ある音声による緊急地震速報を示す警告のみの場合と音声指示と視覚指示を組み合わせた行動指示を比較する。

実験環境を図8に示す。実験環境中には、本棚や机といった家具を配置している。実験環境中には、机の下という一般的に安全と考えられている場所 (S1) と一見安全そうには見えないが周囲に何も無い比較的 안전한場所 (S2) を用意し、初期位置にいる参加者2人に対して、何も指示を行わず警告のみの場合とプロジェクタとスピーカによる避難行動の指示を行う場合との比較を行う。S2の場所は障害物で安全な場所が見れない場合を想定し、初期位置からは見る事ができないようになっている。今回の実験で行動指示システムが行う指示は、先に述べた安全領域の提示とその領域までの経路の矢印での提示である。緊急時であることを模擬するため、参加者に対しては安全領域に到達するまでの

時間として警告後から10秒という時間制限を与えた。



図8. 行動指示評価実験環境

⑦ 評価項目

- ・主観的評価
 - 避難までにかかった時間、指示が開始されてから動き出すまでの時間、避難成功率
- ・客観的評価(5段階アンケート)
 - 音声による警告のみの場合
 - Q1. 避難場所は分かりやすかったか, Q2. 避難場所はすぐ発見できたか
 - システムによる指示の場合
 - Q1. 避難場所がすぐに分かったか, Q2. わかりやすく指示できているか, Q3. 指示がすぐ発見できたか, Q4. 指示が見やすいか, Q5. 素早く避難できたか, Q6. 他人がその指示で避難が可能だと思うか, Q7. この指示システムは非常時に役立つか, Q8. 非常時に冷静に避難できるか

⑧ 実験結果

実験は20代前半の参加者(12名)に対して行った。実験結果を表2に示す。表2は避難にかかった時間、指示開始から動き出すまでの時間、避難成功率についてである。避難成功率は10秒以内に安全な場所へ避難した人数の割合を示している。警告のみの場合、避難成功率が非常に低い。これは警告のみ場合、机の下へと避難するのをお互いに躊躇してしまい、時間が足りない状況が非常に多かった場合や、動き出すまでの時間が5秒近くかかっていることから、もう一か所の避難場所を探すのに時間がかかってしまい、避難ができない場合が多かった。一方、行動指示システムを用いた場合、安全な場所を視覚的に提示できることや矢印を提示できるため、参加者は容易に避難が可能であったと考えられる。しかしながら、人間が重なり合い、LRFによる人間の追跡が失敗することによって行動指示ができず避難できない場合も存在した。表3は、警告のみの場合の避難場所の分かりやすさ、発見のしやすさを示している。つまり、実験スペース内の避難場所の発見難易度を示している。この結果では平均が5段階中3程度である事、また避難時間が短い事を考慮すると避難場所を発見する事が容易ではないことがうかがえる表4はシステムについての指示の分かりやすさ(Q1-5)、また

システムの将来性 (Q6-8) についてのアンケートである。指示の分かりやすさ (Q1-5) について考察する。表3の結果を踏まえると、それぞれの平均が5段階中の4程度と指示によって向上しているが、劇的な変化は見られなかった。これは、人間追跡に失敗し、行動指示が適切にできない場合がいくつか存在したことが原因として考えられる。システムの将来性(Q6-8)について考察すると、ほとんどの人間に対してシステムがある程度の有効性があると考えられるが、標準偏差も大きいことから更なる指示の追加、改善が必要となると考えられる。

表2. 避難時間と避難成功率

Presentation	Only audio warning		Indication system	
	Time to evacuate	Time to move	Time to evacuate	Time to move
Mean (s)	7.61	4.93	6.91	3.70
Std. dev.	0.22	1.68	1.83	1.32
Evacuation ratio	17%		83%	

表3. 音声警告の場合の評価

Only audio warning		
	Q1	Q2
Mean (s)	2.58	2.92
Std. dev.	0.9	1.16

表4. 行動指示システムの評価

	Indication System							
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8
Mean (s)	4.25	3.58	4.00	3.25	3.75	3.67	3.67	3.83
Std. dev.	0.97	1.16	0.95	0.87	0.87	0.78	0.65	1.11

4. 研究成果

本研究では、緊急地震速報を受けた直後など、緊急時に人間がとるべき行動を、人間の動作や状況の変化に応じて適宜指示する実時間行動指示システムの構築に関する研究を行った。緊急時には人間がパニックになり、どのような行動をすればよいか判断能力が落ちる場合がある。本研究では、音声による聴覚への提示だけではなく、より人間により理解しやすい行動指示法として、環境に設置されたプロジェクタを用いて室内で一時的に避難するための安全領域を提示する手法を提案し、どのような提示法がより効果的かを実験によって評価を行った。その結果、安全領域をプロジェクタで提示することと、音声による簡潔な指示を組み合わせることによって、わかりやすく避難行動を指示できることがわかった。また、プロジェクタで安全領域だけでなく、安全領域までの矢印を床に

提示することによって、よりわかりやすく避難行動を指示でき、かつより迅速に避難行動を誘発することができることがわかった。本提示法の実験による評価によって、より人間に理解しやすい行動指示の例が示されたことから、本研究成果の意義は大きい。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計4件)

- ① Kotaro Morikawa, Yasushi Mae, Kenichi Ohara, Tomohito Takubo, Tatsuo Arai, "Action Indication System in Emergency using Audio and Visual Presentaion", The 6th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence, 2009年10月29日Gwangju, Korea.
- ② 森川幸太朗, 前泰志, 大原賢一, 田窪朋仁, 新井健生, "緊急時行動指示システムにおける指示方法の評価", 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会2009, 2009年5月26日福岡.
- ③ 森川幸太朗, 前泰志, 大原賢一, 田窪朋仁, 新井健生, "緊急時行動指示システムのための聴覚・視覚提示, 第9回(社)計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2008年12月6日岐阜.
- ④ 前泰志, 森川幸太朗, 田窪朋仁, 新井健生, "緊急時パニック状態の人間への実時間行動指示システムの提案, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会2008, 2008年6月7日長野.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

前 泰志 (MAE YASUSHI)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授
研究者番号：50304027

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：