

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2005～2008  
 課題番号：17360118  
 研究課題名（和文） 身体的コミュニケーションの引き込み原理に基づく生活基盤ヒューマン  
 インタフェース  
 研究課題名（英文） Everyday Life Human Interface Based on the Principle of Entrainment  
 in Embodied Communication  
 研究代表者  
 渡辺 富夫（WATANABE Tomio）  
 岡山県立大学・情報工学部・教授  
 研究者番号：30167150

研究成果の概要:音声対話におけるうなずきや身振りなどの身体的リズムの引き込みをCGキャラクターやロボットなどのメディアに導入することで、身体的インタラクションを促進させ、一体感が実感できる身体的コミュニケーションシステムを研究開発した。本システム・技術は、メディアロボット・コンテンツ制作や携帯電話・インターネット等の音声対話インタフェース、音声認識ソフトへの導入など、広範囲な応用が容易に可能で、うなずく植物「ペコッぱ」など商品化した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	4,300,000	0	4,300,000
2006年度	3,200,000	0	3,200,000
2007年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2008年度	2,500,000	750,000	3,250,000
総計	13,100,000	1,680,000	14,780,000

## 研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：ヒューマンインタフェース、ヒューマンインタラクション、身体的コミュニケーション、身体性インタラクション、コミュニケーション支援、身体性、身体性メディア、インタラクションロボット

## 1. 研究開始当初の背景

人は、単に言葉だけでなく、うなずきや身振りなど身体によるリズムを共有して、互いに引き込むことで、コミュニケーションしている。この身体的コミュニケーションが、一体感を生み、人とのかかわりを実感させている。とくに引き込みによる身体的インタラクションは、乳児期から成立しており、人間コミュニケーションにとって普遍的・本質的重要性をもっていると考えられる。したがって、この身体的インタラクション・コミュニケー

ションのメカニズムがヒューマンインタフェースに導入されるならば、真に人間の本性に基づく身体的コミュニケーションシステムが実現できるものと大いに期待される。

## 2. 研究の目的

研究代表者は、うなずきや身振りなどの身体的リズムの引き込みをロボットやCGキャラクターのメディアに導入し、発話音声から豊かなコミュニケーション動作を自動生成することで、対話者相互の身体性を共有してコ

コミュニケーションを支援する身体的コミュニケーションシステムのプロトタイプを開発してきた。

本研究では、このプロトタイプシステムを発展させ、身体的コミュニケーションの引き込みをコミュニケーション場の生成に応用することで、飛躍的に対話者相互の身体性が共有でき、一体感が実感できる身体的コミュニケーションシステムを研究開発する。さらに生活環境でのシステムの研究開発と有効性の検証を通して、身体的コミュニケーションシステムを実用的な生活基盤となるシステムに発展させる。

### 3. 研究の方法

乳幼児から母親（育児者）の語りかけに対して身体動作との引き込みにより言葉を習得してきた以上、この身体的リズムの引き込みによる一体感・共有感なくしては、思いが通い合うのは極めて難しいのではないかと考えられる。本研究は、対面コミュニケーションでは理解した上でインタラクションする前に、身体的リズムによる一体感・身体性の共有という基盤があってこそ、シンボルとしての音声情報の送受信が心の基底の部分でやりとりできるというアプローチである。具体的には、発話音声あるいはタイピングからコミュニケーション動作を自動生成する、研究代表者オリジナルのインタロボット技術をコミュニケーション場の生成に応用することで、場の生成システムとしてプロトタイプシステムを進展・融合させ、集団インタラクション・コミュニケーションシステムへと応用展開し、飛躍的に対話者の身体性が共有でき、一体感が実感できる身体的コミュニケーションシステムを研究開発している。

### 4. 研究成果

#### (1) 発話音声でオブジェクトとキャラクターが引き込み反応する身体的プレゼンテーションシステム

講演者が指示する文字や図、ロゴなどのプレゼンテーションスライド上のオブジェクトが、講演者の音声に基づいてうなずきなどの引き込み反応することで、講演者と聴講者の一体感や情報伝達効果を高めるプレゼンテーションシステムのコンセプトを提案し、

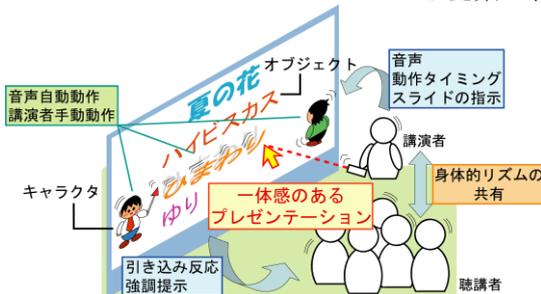


図1 身体的プレゼンテーションシステム

そのプロトタイプを開発した（図1）。さらに講演者が指示するスライド上のオブジェクトや配置キャラクタが、講演者の音声に基づいて話し手動作や聞き手動作などの引き込み反応動作をすると共に、講演者のボタン押下タイミングでうなずき動作をする実用的な身体的プレゼンテーションシステムを開発し、プレゼンテーション支援への有効性を示した。

#### (2) タイピング駆動型身体引き込みキャラクターチャットシステム

タイピングから生成するキャラクターの身体動作によってインタラクションを支援する、タイピング駆動型身体引き込みキャラクターチャットシステム InterChat を開発し、その有効性を示した（図2）。さらに InterChat でメッセージと身体動作が時間的に切り離されて伝達されている点に着目し、全ての参加者間で入力情報を同期表示することで、入力情報を伴ったキャラクターのインタラクションを確認することができる新たなキャラクターチャットシステムを開発して、その有効性を示した。

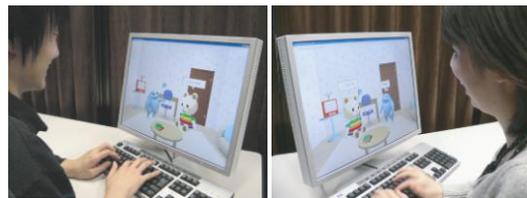


図2 タイピング駆動型身体引き込みチャットシステム InterChat

#### (3) うなずき反応モデルを重畳したアバタを介する身体的コミュニケーションの合成的解析

対話者相互のインタラクションが促進されると期待される条件下での身体的コミュニケーションを合成的に解析するために、身体的バーチャルコミュニケーションシステムにうなずき反応モデルを重畳したシステムを新たに開発した。さらに本システムを用いて対話者のアバタにうなずき反応モデルを重畳した場合と音声に基づいて複数のひまわりが引き込み反応する音声駆動型身体



図3 音声駆動型身体引き込み絵画を配置したバーチャルコミュニケーション

引き込み絵画をバーチャル空間に配置した場合について、身体的コミュニケーションを官能評価と行動解析により、身体的インタラクション効果を明らかにした(図3)。

(4) 音声入力と意識的動作入力を併用した身体引き込みキャラクタシステム

音声入力からコミュニケーション動作を自動生成する音声駆動型身体引き込みキャラクタ InterActor に操り人形のメタファを取り入れ、InterActor の音声入力による引き込み動作と手指動作による意識的な操作入力を併用したキャラクタ InterPuppet を提案してシステムを開発し、インタラクション・コミュニケーション支援への有効性を示した。また、日常的に行われるモバイル環境でのコミュニケーションを支援するためのモバイル InterPuppet を提案し、システムを開発した。このシステムを使用し、モバイル環境でのコミュニケーションを想定した評価実験を行うことで、InterPuppet を携帯電話に応用した場合の有効性を示し、コミュニケーション支援インタフェースとしての特徴を示した。さらに、より容易に使用者の意識的動作をキャラクタに反映させるために、頭部動作を直接キャラクタ動作に反映する「なりきりケータイ」を開発し、自由に移動できる環境での評価実験を行うことで、なりきりケータイを普段のコミュニケーションに応用した場合の有効性を示した(図4)。本システムは、リアルタイム性を重視した新たなインタラクション・コミュニケーションインタフェースの基盤になるものである。



図4 なりきりケータイシステム

本システム・技術は、人とかかわるロボット・玩具、携帯電話・インターネット等の音声インタフェース、ゲームソフト・音声認識ソフトへの導入など、教育・福祉・エンタテインメントをはじめ人とかかわる広範囲な応用が容易に可能であり、うなずく植物「ペコッぱ」など商品化されている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計28件)

- ① 石井裕、渡辺富夫、大崎浩司、伴好弘：意識的な手指動作入力による身体的アバタの操作特性分析、ヒューマンインタフェース学会論文誌、Vol. 10, No. 4, pp.85-94, 2008, 査読有
- ② 大崎浩司、渡辺富夫、山本倫也：キー入力と音声駆動型身体引き込みキャラクタを併用した携帯電話型モバイルシステム、ヒューマンインタフェース学会論文誌、Vol. 10, No. 4, pp.73-84, 2008, 査読有
- ③ Takashi Yamada and Tomio Watanabe: Development of a Virtual Arm Wrestling System for Force Display System Communication Analysis, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.20, No.6, pp.872-879, 2008, 査読有
- ④ 山田貴志、渡辺富夫：空気圧駆動型腕相撲ロボットシステムの開発、日本機械学会論文集(C編), Vol. 74, No. 745, pp.2264-2271, 2008, 査読有
- ⑤ Mitsuru Jindai, Tomio Watanabe, Satoru Shibata and Tomonori Yamamoto: Development of a Handshake Robot System Based on a Handshake Approaching Motion Model, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.20, No.4, pp.650-659, 2008, 査読有
- ⑥ 大崎浩司、渡辺富夫、山本倫也：手指動作入力を併用した音声駆動型身体引き込みキャラクタの映像コンテンツ制作への応用、情報処理学会論文誌、Vol. 49, No.8, pp.2930-2941, 2008, 査読有
- ⑦ 黒田勉、渡辺富夫、山本倫也：音声駆動型身体的色彩変化引き込みシステムの開発、日本機械学会論文集(C編)、Vol. 1, No.10, pp.1569-1574, 2008, 査読有
- ⑧ 山本倫也、渡辺富夫：身体的エージェントの情報提示インタラクションにおける動作に対する発声タイミング制御の効果、ヒューマンインタフェース学会論文誌、Vol. 10, No. 2, pp.135-143, 2008, 査読有
- ⑨ 石井裕、渡辺富夫：ビデオ面接における自己映像の仮想対面合成による身体的インタラクション評価、ヒューマンインタフェース学会論文誌、Vol. 10, No. 2, pp.145-153, 2008, 査読有
- ⑩ 長井弘志、渡辺富夫、山本倫也：音声駆動型身体的引き込みシステム InterVibrator, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.10, No.1, pp.103-112, 2008, 査読有
- ⑪ Michiya Yamamoto and Tomio Watanabe: Timing Control Effects of Utterance to

- Communicative Actions on Embodied Interaction with a Robot and CG Character, International Journal of Human-Computer Interaction, Vol.24, No.1, pp.87-107, 2008, 査読有
- ⑫ 渡辺富夫: 人を引き込む身体的コミュニケーションの不思議さ, 言語, Vol. 37, No. 6, pp.64-71, 2008, 査読無
- ⑬ 山田貴志、渡辺富夫: 表情と顔色の色彩強調に伴うバーチャル顔画像合成による怒りの情動提示効果, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol. 73, No. 733, pp. 2543-2550, 2007, 査読有
- ⑭ 吉田真章、渡辺富夫、山本倫也: 3DCG オブジェクトを用いた音声駆動型身体的引き込みシステム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 9, No. 3, pp. 369-378, 2007, 査読有
- ⑮ 神代充、柴田論、山本智規、渡辺富夫: 人間の好みを考慮した手渡しロボットシステムに関する研究 (第2報, 手渡しロボットシステムのためのマルチモーダル・ヒューマン・マシン・インタフェース), 日本機械学会論文集 (C 編), Vol. 73, No. 729, pp. 1408-1415, 2007, 査読有
- ⑯ 渡辺富夫: 身体性メディアによるメディア芸術創造支援, 情報処理, Vol. 48, No. 12, pp. 1327-1334, 2007, 査読無
- ⑰ Mitsuru JINDAI, Satoru SHIBATA, Tomonori YAMAMOTO and Tomio WATANABE: A Study on Robot-Human System with Consideration of Individual Preferences (2nd Report, Multimodal Human-Machine Interface for Object-Handing Robot System), JSME International Journal, Series C, Vol. 49, No. 4, pp. 1033-1039, 2006, 査読有
- ⑱ 山田貴志、渡辺富夫: 力覚コミュニケーション解析のためのバーチャル腕相撲システムの開発, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol. 72, No. 721, pp. 2972-2989, 2006, 査読有
- ⑲ 神代充、渡辺富夫: 音声駆動型身体引き込みキャラクターに力覚センサ入力を併用した身体的コミュニケーションシステム, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol. 72, No. 720, pp. 179-186, 2006, 査読有
- ⑳ Takashi Yamada and Tomio Watanabe: Analysis and Synthesis of Facial Color for Facial Image Synthesis in a Virtual Arm Wrestling System, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 18, No. 4, pp. 433-441, 2006, 査読有
- ㉑ 山本倫也、渡辺富夫: 音声駆動型身体引き込みキャラクターを映像に重畳合成した教育支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 8, pp. 2769-2778, 2006, 査読有
- ㉒ 渡辺富夫: うなずきロボット InterRobot, 日本ロボット学会誌, Vol. 24, No. 6, pp. 692-695, 2006, 査読無
- ㉓ 檀原龍正、渡辺富夫、大久保雅史: 音声駆動型身体引き込みキャラクター InterActor が発話音声に与える影響, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol. 71, No. 712, pp. 152-159, 2005, 査読有
- ㉔ 長井弘志、渡辺富夫、山本倫也: 音声駆動型身体的引き込みポインタ InterPointer, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 4, pp. 37-46, 2005, 査読有
- ㉕ 山田貴志、渡辺富夫: 顔面皮膚温計測に基づく恐怖の情動下での顔色の分析と合成, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 4, pp. 131-138, 2005, 査読有
- ㉖ 大崎浩司、渡辺富夫、山本倫也: InterActor に手指動作入力を併用した身体的インタラクションシステムの開発, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 3, pp. 89-98, 2005, 査読有
- ㉗ 石井裕、渡辺富夫: ビデオコミュニケーションにおける自己映像の合成対話配置の評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 7, No. 2, pp. 113-120, 2005, 査読有
- ㉘ 渡辺富夫: 身体的コミュニケーション技術とその応用, システム/制御/情報, Vol. 49, No. 11, pp. 431-436, 2005, 査読無

[学会発表] (計 83 件)

- ① Tomio Watanabe: “Human-Entrained Embodied Interaction and Communication Technology”, International Conference on Advance in Computer Entertainment Technology (ACE 2008), 2008-12, Keynote.
- ② Yoshihiro Sejima, Tomio Watanabe and Michiya Yamamoto: “Analysis by Synthesis of Embodied Communication via VirtualActor with a Nodding Response Model”, Proc. of Second International Symposium on Universal Communication (ISUC2008), pp. 225-230, 2008-12.
- ③ Mitsuru Jindai and Tomio Watanabe: “A Handshake Robot System Based on a Shake-Motion Leading Model”, Proc. of 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 3330-3335, 2008-9.

- ④ Masahiro Kameda, Mitsuru Jindai, Tomio Watanabe and Hideki Hase: “Development of a Self-Position Recognition Method by Using the Image Processing and 3D Model of a Warehouse for Automated Guided Vehicle”, Proc. of the Ninth International Conference on Industrial Management (ICIM’ 2008), pp. 549-556, 2008-9.
- ⑤ Yoshihide Yamato, Mitsuru Jindai and Tomio Watanabe: “Development of a shake-motion leading model for human-robot hand shaking”, Proc. of SICE Annual Conference 2008, pp. 502-507, 2008-8.
- ⑥ Takashi Yamada and Tomio Watanabe: “Development of a Pneumatic Cylinder-Driven Arm Wrestling Robot System”, Proc. of the 17th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2008), pp. 665-670, 2008-8.
- ⑦ Michiya Yamamoto and Tomio Watanabe: “Development of an Edutainment System with InterActors of a Teacher and a Student in which a User Plays a Double Role of Them”, Proc. of RO-MAN 2008, pp. 659-664, 2008-8.
- ⑧ Yutaka Ishii, Kouzi Osaki, Tomio Watanabe, and Yoshihiro Ban: “Evaluation of Embodied Avatar Manipulation Based on Talker’s Hand Motion by Using 3D Trackball”, Proc. of RO-MAN 2008, pp. 653-658, 2008-8.
- ⑨ Koji Osaki, Tomio Watanabe and Michiya Yamamoto: “Speech-Driven Embodied Entrainment Character System with Hand Motion Input in Mobile Environment”, Proc. of the Ninth International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI’ 07), pp. 285-290, 2007-11.
- ⑩ Mitsuru Jindai and Tomio Watanabe: “Development of a Handshake Robot System Based on a Handshake Approaching Motion Model”, Proc. of 2007 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, No. 38, pp. 1-6, 2007-9.
- ⑪ Takashi Yamada and Tomio Watanabe: “A Virtual Arm Wrestling System for the Analysis by Synthesis of Force Display Communication”, Proc. of 2007 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, No. 314, pp. 1-6, 2007-9.
- ⑫ Yutaka Ishii and Tomio Watanabe: “An Embodied Avatar Mediated Communication System with VirtualActor for Human Interaction Analysis”, Proc. of RO-MAN 2007, pp. 37-42, 2007-8.
- ⑬ Michiya Yamamoto and Tomio Watanabe: “Analysis by Synthesis of an Information Presentation Method of Embodied Agent Based on the Time Lag Effects of Utterance to Communicative Actions”, Proc. of RO-MAN 2007, pp. 43-48, 2007-8.
- ⑭ Takashi Yamada and Tomio Watanabe: “Virtual Facial Image Synthesis with Facial Color Enhancement and Expression under Emotional Change of Anger”, Proc. of RO-MAN 2007, pp. 49-54, 2007-8.
- ⑮ Tomio Watanabe: “Human-Entrained E-COSMIC: Embodied Communication System for Mind Connection”, Human Interface and the Management of Information, HCI International 2007 Proc. Part I, LNCS 4557, pp. 1008-1016, 2007-7.
- ⑯ Michiya Yamamoto and Tomio Watanabe: “Development of an Embodied Image Telecasting Method via a Robot with Speech-Driven Nodding Response”, Human Interface and the Management of Information, HCI International 2007 Proc. Part I, LNCS 4557, pp. 1017-1025, 2007-7.
- ⑰ Michiya Yamamoto and Tomio Watanabe: “Time Lag Effects of Utterance to Communicative Actions on CG Character-Human Greeting Interaction”, Proc. of RO-MAN 2006, pp. 629-634, 2006-9.
- ⑱ Takashi Yamada and Tomio Watanabe: “Development of a Virtual Arm Wrestling System for Force Display Communication Analysis”, Proc. of RO-MAN 2006, pp. 775-780, 2006-9.
- ⑲ Mitsuru Jindai, Tomio Watanabe, Satoru Shibata and Tomonori Yamamoto: “Development of a Handshake Robot System for Embodied Interaction with Humans”, Proc. of RO-MAN 2006, pp. 710-715, 2006-9.
- ⑳ Hiroyuki Nagai, Tomio Watanabe and Michiya Yamamoto: “InterVibrator: Speech-Driven Embodied Entrainment System with a Vibratory Nodding Response”, Proc. of the 6th International Workshop on Emergent Synthesis (IWES’ 06), pp. 113-118,

2006-8.

- ⑳ Tomio Watanabe and Michiya Yamamoto: “InterAnimal : A Speech-driven Embodied Entrainment Animal Character”, XVth Biennial International Conference on Infant Studies, 064, 2006-6.
- ㉑ Michiya Yamamoto, Tomio Watanabe and Koji Osaki: “Development of an Embodied Interaction System with InterActor by Speech and Hand Motion Input”, CD-ROM of the 2005 IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, pp.323-328, 2005-8.
- ㉒ Masashi Okubo and Tomio Watanabe: “Effects of InterActor’s Nodding on a Collaboration Support System”, CD-ROM of the 2005 IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, pp.329-334, 2005-8.
- ㉓ Tomio Watanabe and Michiya Yamamoto: “An Embodied Entrainment System with InterActors Superimposed on Images”, 11th International Conference on Human-Computer Interaction ( HCI International 2005 ), Vol.4, 2045, pp.1-6, 2005-7.
- ㉔ Tomio Watanabe: “Embodied Interaction and Communication Technology for Mind Connection”, Tutorial Notes of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction ( HCI International 2005 ), HCI Innovations in Japan, part.2, pp.1-26, 2005-7.
- ㉕ Michiya Yamamoto and Tomio Watanabe: “Relationships between the Utterance of Emphatic Phrase and the Following Motions and Actions for a Speech-Driven Embodied Interaction System”, 11th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2005), Vol.6, 2026, pp.1-6, 2005-7.
- ㉖ Hiroyuki Nagai, Tomio Watanabe and Michiya Yamamoto: “InterPointer: Speech-Driven Embodied Entrainment Pointer System”, Proc. of the 2005 International Conference on Active Media Technology (AMT2005), pp.213-218, 2005-5.
- ㉗ Masashi Okubo and Tomio Watanabe: “Development of an Embodied Collaboration Support System for 3D Shape Evaluation in Virtual Space”, Proc. of the 2005 International

Conference on Active Media Technology (AMT2005), pp.207-212, 2005-5.

- ㉘ Takashi Yamada and Tomio Watanabe: “Analysis and Synthesis of Facial Color for the Affect Display of Virtual Facial Image under Fearful Emotion”, Proc. of the 2005 International Conference on Active Media Technology (AMT2005), pp.219-224, 2005-5.

〔図書〕 (計5件)

- ① 渡辺富夫: “身体的コミュニケーションロボット”, 日本機械学会編, 感覚・感情ロボット, 工業調査会, pp.227-236, 2008-11
- ② 渡辺富夫: “話を聞いているときにうなずくのはなぜ?”, NHK「解体新ショー」プロジェクト編, 解体新ショー, 日本放送出版協会, pp.39-40, 2008-6.
- ③ 渡辺富夫: “人工現実感とヒューマンインタフェース”, 創立110周年記念 機械工学 最近10年のあゆみ, 日本機械学会, 丸善, pp.122-123, 2007-9.
- ④ 渡辺富夫: “身体的コミュニケーション”, 機械工学便覧 基礎編α7 情報・ソフトウェア, 日本機械学会編, 丸善, pp.74-76, 2006-11.
- ⑤ 渡辺富夫: “身ぶりは口ほどにものを言う”, ヒューマン・インフォマティクス, 工作舎, pp.85-104, 2005-6.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡辺 富夫 (WATANABE Tomio)  
岡山県立大学・情報工学部・教授  
研究者番号: 30167150

### (2) 研究分担者

神代 充 (JINDAI Mitsuru)  
岡山県立大学・情報工学部・准教授  
研究者番号: 30314967

山本 倫也 (YAMAMOTO Michiya)  
岡山県立大学・情報工学部・助教  
研究者番号: 60347606