

ヒューマノイド型ロボットの動作制御コード分析による身体知表出実験

An Externalization Method of Embodied knowledge by Analyzing the Control Codes of Humanoid Robot – SHREK-Primary –

奥田隆史*¹

Takashi OKUDA

*¹ 愛知県立大学 大学院 情報科学研究科

Graduate School of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University

For an all-around equipment, humanoid robots are expected to be available in home or office. A combination of ubiquitous networks and humanoid robots has enormous potentialities. In this paper, we present the system “SHREK (System with Humanoid Robots for Externalizing Knowledge)” for externalizing explicit knowledge from embodied knowledge by analyzing control codes of a humanoid robot and the effectiveness of the proposed method through the experimental results.

1. はじめに

組織において、知識を伝達するためには、明示化されていないメンタル・モデルや体化された技能とする「暗黙知」を言語化し、明確な言語などで表現された「形式知」形式知とすることが重要であることが知られている。この暗黙知と形式知の知識間の相互作用は、パン焼き器の開発等のケーススタディを通して、SECI モデルによって表現されている。SECI モデルでは、知識変換プロセスは、以下の4つ:

- S-共同化(Socialization): 経験を共有し、共感知(暗黙知)を創造するプロセス,
- E-表出化(Externalization): 共感知を明確なコンセプト(概念知=形式知)に表すプロセス,
- C-連結化(Combination): 概念知を組合せ 1 つの知識体系(体系知=形式知)を創り出すプロセス,
- I-内面化(Internalization): 体系知を暗黙知(操作知)へ体化するプロセス

からなると示されている[野中 1996, OKUDA2001]。一方、人類が言語的活動によって文明を築き上げてきたことは確かであるが、我々が全ての事柄を言語によって理解しているわけではなく、身体知と呼ばれるものも必要不可欠である[野中 1996]。

身体知は、運動する主体としての身体が、ある時間や空間の流れの中で体得している知識である。これは、社会的動物である人間の身体そのものが運動を通してとらえている知である[茨城 1999]。身体知の一部を言語によって表現することは可能であるし、言語によって「身体」や「運動」を理解することが身体知を補強することは可能である。

しかし、“畳の上の水練”という諺もあるように、運動主体が身体知を得るためには、実際の環境で、実際に体験することが必要であり、言語的活動だけで理解できるものではない。例えば、職人やプロが持っているノウハウや知識等は身体知(暗黙知)であり、形式知とは異なり言葉で全てを表現できるものではない。一般的には、職人といわれている人々の多くは、その暗黙知を、修行などの身体的な経験を通じて得てきた。修行は、SECI モデルでは“S-共同化”や“I-内面化”に対応するものである[OKUDA2001, UETE2003]。

このような職人の身体知は、ライフスタイルの変化により長期的な修行が敬遠されていることもあり、後世に伝わりにくくなって

いる。このような職人やプロのノウハウや知識を継承するためには、暗黙知を表出化し、言語化等により形式知として変換することが重要である。

そこで、本研究では、身体知を表出することをサポートするツールとしてヒューマノイド型ロボットを利用し、人間の身体知を形式知へと変換するシステム SHREK (System with Humanoid Robots for Externalizing Knowledge) について報告する。以下、2 節では身体知とコーチングについてまとめ、研究の背景を明確にする。3 節では SHREK の概念を述べる。4 節では、SHREK の予備実験として実施した SHREK-Primary について述べ、その結果を表にまとめ、5 節で結果の考察をする。6 節で研究をまとめ、今後の課題について述べる。

2. 身体知の表出化

“一流選手は必ずしも一流コーチにあらず”という話は良く聞かすが、選手個人の主観である身体知を、他人に客観的に指導するというのは簡単なことではない。また、客観から主観への転換もまた然りである。見た目の身体の動きと身体感覚はかなり違っている。その身体感覚を言語化して伝えることは、かなり困難な作業である。言語化されたとしても、素人には理解できないことが多くある[阿江 2002, 小林 1999, 斉藤 2000]。

例えば、2004年9月15日の The New York Times は、イチロー選手がシーズン最多安打の大リーグ記録に近づいていたこともあり、彼のバッティングに関する特集記事を掲載した[JENKINS 2004]。記事では、守備や盗塁の往年の名選手と対比し、「イチローはバットとともにある」と紹介し、多彩な打撃技術を“テニスラケットでライン際にスライスボールや逆サイドヘッポレーを決めるよう”と紹介した。日本では“振り子”という比喩であったが、米国ではテニスプレイヤーで比喩している。さらに、往年の名バッターの打撃ホームが一種類にもかかわらず、イチロー選手は4種類のスイング(Flip, Chop, Seeker, Power Strike)があると指摘している。

筆者にとっては、“振り子”よりは“テニスラケットで・・・”の方が理解しやすい。これは筆者がテニスをした経験があり、テニスに関してはある程度の身体知を身につけているからであろう。

では、テニスの経験のない人には、どのようにしたらコーチングできるのであろう。本研究では、ヒューマノイド型ロボットを用いることにより、多くの人が理解できるようなレベルの形式知を生成することを目的としている。

連絡先: 〒480-1198 愛知県愛知郡長久手町大字熊張字茨ヶ廻間 1522 番 3, 電話:0561-64-1111, Fax:0561-64-1108, e-mail:okuda@ist.aichi-pu.ac.jp

3. ヒューマノイド型ロボットを用いた表出化 —提案手法 SHREK の原理—

これまで述べたように、身体知の一部を言語によって表現することは可能であるが、個人の主観である身体知を、他人に客観的に指導するというのは簡単なことではない。見た目の身体の動きと身体感覚はかなり違っている。その身体感覚を言語化して伝えることは、かなり困難な作業である。

本研究では、身体知を言語化するプロセスにヒューマノイド型ロボットを用いる方法:SHREK(System with Humanoid Robots for Externalizing Knowledge)を提案する。SHREK の基本的なアイデアを図1に示す。

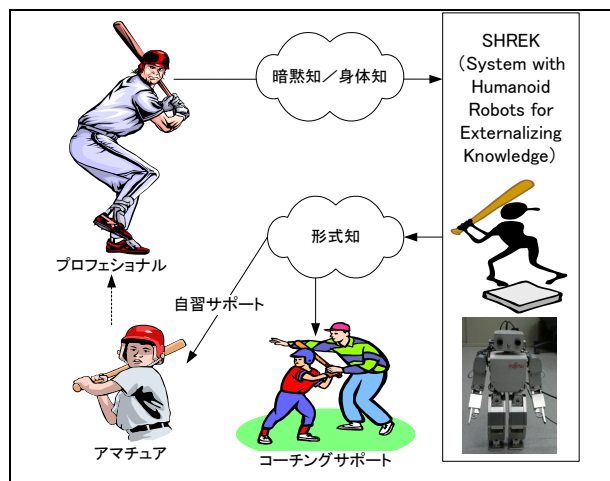


図1:SHREK の概念

SHREK では、人間に似せて作られたヒューマノイド型ロボットを、プロフェッショナルとアマチュアを接続するメディアとして利用し、アマチュアにプロフェッショナルの身体知を学習させる。本研究で提案する SHREK は、以下の3つのプロセス:

1. 暗黙知・身体知である職人やプロフェッショナルの動作を、ヒューマノイド型ロボットを用いて生成する。
2. その動作に対するヒューマノイド型ロボットの制御コードを解析し、暗黙知を形式化する。すなわち、制御コード解析から人間の関節や筋肉の動かせ方を言語化(テキスト化)する。
3. 2 で得られた形式知は、アマチュア選手の自習、コーチングのサポートに利用することができる。

で構成される。

なお、ヒューマノイド型ロボットを用いる理由は、

- ヒューマノイド型ロボットの制御コードがモータやアクチュエータに対応するため、人間の関節や筋肉に対応しやすいため。
- 360度から目的の運動を見ることができるため。
- 上手すぎず、ぎこちない動作の方が、動作ポイントを意識しやすいため。
- 人間社会は人間の身体性や知能に合わせてデザインされている。従って人間環境下でロボットを働かせようとするなら、やはり人型である方がよい。様々な作業に特化したロボットを幾つも購入するより、汎用型ロボットを一体購入する方が経済的であるため(井上 2004)。

である。

ロボットは人間の根源的要求である「自分がやりたくないことを代行してくれる」、「一緒にいること時代が楽しい」の2点に集

約されている。この2種類の根源的要求を、人間のような形をしたロボット—ヒューマノイド型ロボットにより実現しようとする、その特徴は、

1. 人間の生活環境がそのまま利用できる、
 2. 人間の使う道具がそのまま使える、
 3. 人間の形をしていることそのものに意味がある
- である[梶田 2005]。文献[ブルックス 2006]は、さらに、ヒューマノイド型ロボットを作る意味として、
4. 人間がその身体の形状を通して得た経験をもとに世界を捉え抽象化している点
 5. 人間が、人間の形をしたロボットとの間に持つやりとりの意味:人間が成長するためには、物理世界でのやり取りや社会生活での成長が必要である

をあげている。

第1と2の特徴は、人間の生活環境や道具が、人間が利用しやすいようにデザインされているだけでなく、これまでの利用の蓄積もあることから、生活環境の連続性重視や生活環境変更によるコスト増加から考えても、ロボットを人型にデザインした方が合理的であることを意味している。

第3~5の特徴は、ロボットが人間の形をしていることにより、人間がロボットに親近感を感じ、人間が人間に対して持つような感情を、人間がロボットに持つためには、ことは重要なことである。

本研究で利用するヒューマノイド型ロボットには、(株)富士通オートメーション社の HOAP-2 を用いた。HOAP2 の運動生成には、同社の NueROMA を用いた。表1に基本データを示す。

表1:HOAP2 の基本データ

身長 50cm, 体重 7kg	
頭部:2 自由度	
腕(左右):5 自由度	
胴体:1 自由度	
脚(左右):6 自由度	
動作生成:NueROMA を用い、生成した制御コードは、RNN 言語として出力可能。	

4. SHREK の予備実験:SHREK-Primary

本報告では、SHREK の有効性を確認する実験として、図2に示す SHREK-Primary を実施した。以下に、SHREK-Primary の各 Step1~8 の説明をする。

Step1. 目標動作の決定. 形式知を表出化するための目標動作を定める. 今回の実験では誰でも知っている動作として, 「バンザイ」とした.

Step2. 動作作成者の選定. 動作生成ソフト NueROMA を用いてヒューマノイド型ロボットの動作を作成する者を選定する. 今回の作成者は大学院生 5 名とした.

Step3. 目標動作を動作作成者へ指示. 目標動作を動作作成者に与える. 今回の指示は, 漠然と「バンザイ」を, ロボットにさせてくださいとした. 漠然とすることにより, 各動作作成者が各動作に対してのイメージが表現しやすいと考えたからである.

Step4. 動作作成者は動作作成. 動作作成者は NueROMA を用いて, 動作を作成し, ロボットの動作を確認する. 試行錯誤により作成者のイメージ通りの動作を作成する. ここで, 動作作成者からは動作制御コード(RNN 言語, リカレントニューラルネットワーク)を提出してもらい. 現在では, 単純な動作であれば, 動作生成者は指示動作を実演し, その画像をビデオで撮影することにより, 動作生成者のイメージする動作を再現する動作制御コードを生成することができる [MEDA 2005].

Step5. 制御コード解析. 各作成者が作成した動作制御コードを分析し, 類似・共通コードと差異・相違コードを取り出す. 今回は手動で分析した. 分析した類似・共通一差異・相違コードの結果を表 2 に示す.

Step6. 類似・共通一差異・相違コード分析. 類似・差異一差異・相違コードを分析し, 形式知を作成する. 結果は表 3 に示す.

表 3 から, 「バンザイ」という動作をコーチングするためには, 「肩の初期位置」, 「手を上げる高さ」, 「腕を振る周期」, 「左右の腕を同時にあげる」等を指示する必要があることがわかる. 簡単な動作であるため, 相手も知っているものだと思っているようなことも, コードを比較することにより明らかになった. 参考までに, 「キック」に関して同様の方法で表出化した結果を表 4 に示す(動作制御コードは表 5 に示す).

表 2: Step5 の出力

		作成者 A	B	C	D	E
肩関節 動作開 始点	右	35*ONE	45	0	90	20
	左	35*ONE	45	0	90	20
肩関節 移動範 囲	右	60*S1	90	80	20	95
	左	60*S1	90	80	20	95

注意: ONE は “関節の位置を常に一定の値を保つ”, S1 は “sin 波を出力する” という制御コードである. B~E についても, 開始点については ONE コード, 移動範囲については S1 コードを利用.

表 3: 「バンザイ」動作の形式知

差異・相違点: 動作開始ポイント, 関節の移動範囲
類似・共通点: 対称性, 周期性
形式知: 「肩の初期位置」, 「手を上げる高さ」, 「腕を振る周期」, 「左右の腕を同時にあげる」

表 4: 「キック」動作の形式知

差異・相違点: 左右の違い, キックする脚の関節の動作開始ポイント, 関節の移動範囲, 周期性
類似・共通点: キックする脚の関節, 反対の脚の傾き
形式知: 「動かす脚の関節」, 「動かす脚の関節の角度, 速度」, 「脚の傾き」, 「キックする脚の指示」

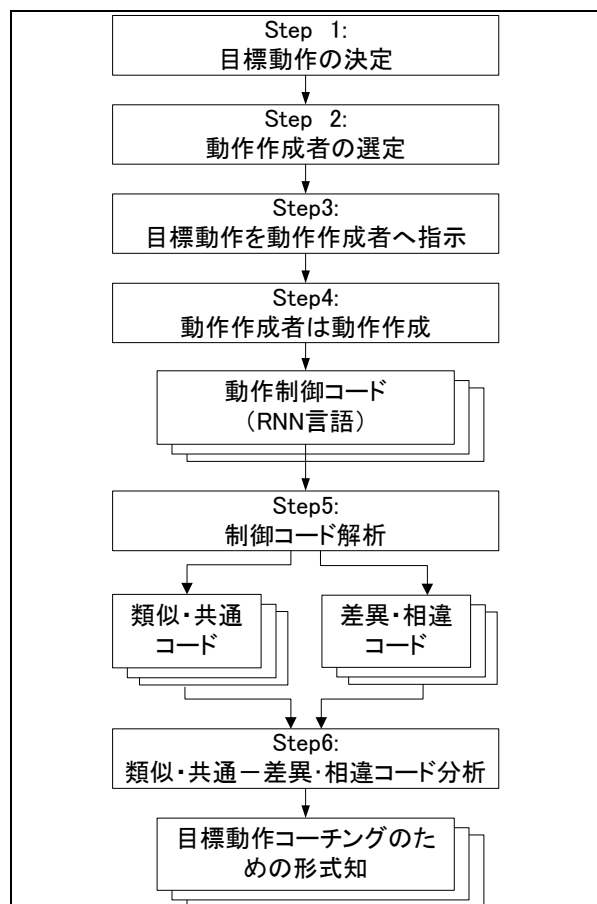


図 2: SHREK-Primary の概念

5. まとめ

本研究では, ヒューマノイド型ロボットを利用した客観的に身体知を表出化する手法 SHREK を提案するとともに, その予備実験として SHREK-Primary を実施し, その有効性を確かめた.

人に教えること, 人に説明することの第一は相手を知ることが必要である. 例えば, 大学生に話す場合と小学生に話す場合は大幅に異なる. その場合, どのように相手を知るのであるか. アンケートなどによる事前調査が可能場合もあるが, 具体的な相手の知識を事前には知ることは困難なことが多い. また, 相手は知っているものだと思ってしまう, 業界用語に終始し, 最後まで相手に伝わらないこともある. 例えば, オフィスを使うのは事務所なのかソフトウェアのことなのか, 2-1 は 2 ストライクなのか 2 ボールなのか等である. 大学にも様々な年齢層の学生が増え, 世

代間ギャップやバックグラウンドがあるため、暗黙知も異なり、通じない言葉が増えてきている。

本研究により“世代間のコミュニケーションの緩衝役”，“人が結びつくこと”，“いつでもどこでも心と心が触れ合うコミュニケーションを実現しホスピタリティが向上すること”，“身体文化の再認識”等に貢献することができれば幸いである。

今後の課題は、

- より複雑な動作について提案手法の有効性を検証
- 集団行動への適応
- 表出化された形式知の効果確認
- 動作作成者の人数を増やした場合の有効性
- 自動的に形式知を表現するソフトウェアを開発
- 別タイプのロボットとの協調による可能性拡大

等があげられる。

なお、本研究は平成 18 年度文部科学省科学研究費(課題番号 16650214)の補助を受けて行なわれた。

表 5:「キック」における類似・共通コードと差異・相違コード

	動作作成者 A	動作作成者 B
股関節	if (n2 > 0) -5 * n2	5 * one
右股関節前後	if (n2 > 0) -20 * n2	
右足首前後	if (n_2 > 0) 5 * n2	
右脚足首左右	if (n2 > 0) 5 * n2	-7 * one; if (n1 >= 90) -2.7 * one; if (n1 < 90) -0.03 * n4;
左股関節左右	if (n2 > 0) -5 * n2	5 * one
左股関節前後	-20 * one;	10 * one; if (n1 < 90) -1 * n4; if (n1 >= 90) -90 * one
左膝	40 * one	75 * one
左足首前後		if (n1 < 90) 0.46 * n4; if (n1 >= 90) 41.5 * one
左脚足首左右	if (n2 > 0) 5 * n2;	0 * one;
注意:作成者 A は右足でキックをし、B は左足でキックをしている。また、体のバランスをとるために、キックをしていない足も使う必要がある。		

参考文献

- [阿江 2002]阿江通良, 藤井範久, 『スポーツバイオメカニクス 20 講』, 朝倉書店, 2002.
- [茨城 1999]茨城大学健康スポーツ教育研究会編, 『健康スポーツの科学』, 大修館書店, 1999.
- [井上 1999]井上博允, 金出武雄, 安西祐一朗, 瀬名秀明, 『ロボット学創成』, 岩波書店, 2004.
- [JAF 2004]JAF Mate 編集, "ロボットたちの競演. ダンスショーは必見", ITS 未来博みどころガイド, 2004.
- [JENKINS 2004]JENKINS L. , "An Artist Who Makes the Field His Canvas", *The New York Times*, September 14, 2004.

- [小林 1999]小林一敏, 『スポーツの達人になる方法』, オーム社, 1999.
- [前田 2005]前田郁夫, 吉原貴仁, 茂木信二, 堀内浩規他, "ユビキタスノードとヒューマノイド型ロボットとの連携動作による家電遠隔操作の実装と評価", **電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, IN2004-170**, pp.49-54, 2005.
- [野中 1996]野中郁次郎, 竹内弘高, 梅本勝博, 『知識創造企業』, 東洋経済新報社, 1996.
- [小田 2003]小田伸午, 『運動科学—アスリートのサイエンス』, 丸善, 2003.
- [OKUDA 2001]OKUDA T., "Technical Communication for Organizational Knowledge Creation", *Proc. of the 2001 IEEE International Professional Communication Conference*, pp.391-404, 2001.
- [斎藤 2000]斎藤孝, 『身体感覚を取り戻す-腰・ハラ文化の再生』, NHK ブックス, 2000.
- [UETE 2003]UETE D., OKUDA T., "An Evaluation Method for Role of Technical Communication in Knowledge Creation Process", *Proc. of the 2003 IEEE International Professional Communication Conference*, pp.76-81, 2003.
- [ブルックス 2006]Rodney A. Brooks, 『ブルックスの知能ロボット』, オーム社, 2006.
- [梶田 2005]梶田秀司編著, 『ヒューマノイドロボット』, オーム社, 2005.
- [MAEDA 2005] MAEDA I., OKUDA T., IDEGUCHI T., MURAKAMI K., "A Simple Motion Generation Method with BVH files for Networked Humanoid Robots in Ubiquitous Network Systems", *The 2nd International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence*, KRW048, pp.136-139, Daejeon, Korea, 2005.