床面に表記された身体動作の記録を再生するロボットの基礎的検討

中西泰人*

概要. 本研究では，スポーツにおける上級者の身体動作を学習者に伝達する方法として，舞踊の記譜法を用いて身体動作を床面に表記し，それを学習者自身が再生しさらに他者が再生する様子を学習者が観察できるシステムを構築したいと考えている．その記譜法としてラバノーテーションを，そしてそれを再生する他者として移動ロボットを用いることを提案するにあたり，その基礎的な検討としてカラーセンサを用いたライントレースロボットを試作した．本稿では，サッカーやバスケットボールにおけるドリブルのような身体的なリズムを伴う移動の再生にその移動ロボットを用いて提案手法の発展性と今後の課題について検討し，このシステムが持つ未来ビジョンについて述べた．

1 はじめに

小型のセンサやアクチュエータの普及と共に，情報通信技術を用いて新たなスポーツの経験を提供しようとする研究が様々に行われている．中でも人と一緒にジョギングをする飛行ロボットや車輪ロボット [1, 7]，人と一緒に泳ぐ水中ロボットが開発されている [8]．スポーツのスキルはオープンスキルとクローズドスキルに分類できる．オープンスキルは柔道や相撲などで相手が常に変化するような状況において発揮されるスキルであり，クローズドスキルは重量挙げや体操などの外的要因に左右されない状況において発揮されるスキルである．ジョギングや水泳は個人競技であり，これらの研究ではクローズドスキルを行う人にロボットが伴走したりコーチからの指示を提示している．

チーム競技であるサッカーやバスケットボール等ではオープンスキルとクローズドスキルが混在し，そこで行われるパス，ドリブル，シュートはオープンスキルの中で発揮されるクローズドスキルである．特にドリブルにおいてはコース取りやボールコントロールに加えて，スピードの緩急や左右へのフェイントなど身体的なリズムが重要である．本研究ではこうした特徴を備えたスキルを伝える方法として，本研究では舞踊のコレオグラフィにおける記譜法に着目し，上級者による身体動作を床面に表記すること，そしてそれを再生する移動ロボットを用いる方法を提案する．本稿ではそうしたロボットの基礎的な検討として，カラーセンサを用いたライントレースロボットの試作を通して提案方法の発展性について検討する．

Copyright is held by the author(s).

* 慶應義塾大学環境情報学部

2 身体動作の表記

舞踊における身体の動きを記す方法である舞踊記譜法は，西洋の劇場舞踊に限定してもさまざまな記譜法が編み出され用いられてきた [3]．舞踊記譜法は踊り手のその場での動きとともに踊り手の空間移動の軌跡を二次元平面上に記す必要があり，舞踊の種類によってさまざまなものが用いられている．中でもラバンによるラバノーテションの譜表は，体・腕・頭から指それぞれの動き（移動の方向と高さ）を記号的な図形と色の組み合わせによって記譜することができ，その汎用性からロボットの動作の分析や [5]，サッカーのゴールシーンの表記にも用いられている [4]．こうした特質から，本研究で身体動作を床面に表記するにあたってもラバノーテーションを用いることとする．

3 身体動作の再生

ラバノーテーションによって記譜されたドリブルの軌跡と身体動作とそのリズムを再生するには，プレイヤ自身がノーテーションを解釈しながら再生する場合と，他のプレイヤが再生している様子を観察する場合があり得る．スポーツのトレーニングとしてスキルの進歩と精神的側面の進歩のために行われるイメージトレーニングがあるが，前者は一人称視点による内的なイメージトレーニングを重ねながら，そして後者は三人称視点による外的なイメージトレーニングを重ねながら，そのイメージに身体動作を近づけてゆくプロセスであると考えられる [6]．

本研究では後者の方法として移動ロボットによる再生に取り組んでいる．ロボットによる再生は，人による再生と比較すると手足の複雑な動作を再生できない短所があるが，体型・間接の柔らかさの違いやノーテーションの実行時の個人差が現れない，再生を繰返しても疲労しない，再生の速度を変更可能，複数のロボットを動作させれば複雑な状況でも一人

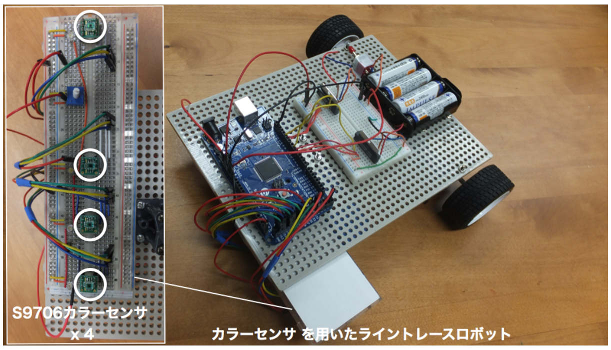

図 1. カラーセンサを使ったライントレースロボット

図 2. 体育館におけるライントレースとスピードの変化

のトレーニングが可能，といった長所が考えられる．

床面に表記されたノーテーションを再生するロボットの基礎的な検討を行うにあたり，カラーセンサを用いたライントレースロボットを製作した（図1）．Arduino MEGA に浜松ホトニクス社製のカラーセンサ S9706 を四つ接続し，二つの DC モータを PWM 制御する．カラーセンサは白色 LED に照らされた床面の色を検出し，三つのセンサで移動の軌跡を表すテープの色を検出し，一つのセンサで移動のリズムを表現するテープの色を検出する．

S9706 カラーセンサは RGB の値をそれぞれ 16 階調で検出するため様々な色のラインを検出できるが，テストとして体育館の床に貼られた白色のテープに沿って走行するようにし，バスケットボールのルールに則して貼られたラインをトレースした（図2）．そのラインの脇にはリズムを表現する記号として青色もしくは赤色のテープを貼る．センサがそれら検出すると，青色の場合は加速し赤色の場合は減速するようにした．そして青色と赤色のテープを並べる順番を何通りか試す中で，ドリブルの要素のうちコース取りとスピードの緩急を表現できる見込みを得ることができた．

しかしながら，他の要素である上半身や腕の動作も含めて再生するためには，より多くの記号もしくは色をセンスする機能と，その動作を表現する物理的な機構，LED やディスプレイによる情報提示などが必要である．またオープンスキルとしての再生には相手ディフェンダの動きも表現する必要があり，その動作の表記とそれらを再生するロボットもシステム全体に付け足す必要があることが把握できた．

4 未来ビジョンと今後の課題

本稿で紹介したシステムは ”Futuroid(フューチャロイド: 自分の将来のような) ”と名付けたコンセプトを具現化するシステムの一つである．石黒らが構築しているジェミノイドは人間に酷似した外見を持つアンドロイドである [2]．”ジェミノイド (Geminoid)” という言葉は「双子」を意味する「Gemini」と「〜のような」を意味する「-oid」からの造語である．”フューチャロイド (Futuroid) ” という言葉は，将来を意味する「Future」と「-oid」を下にした造語である．その研究においては, 身体的なスキルの向上や身体的な健康の増進を目的として，ユーザの求めるモデル (将来像・ 模範) の身体動作を複数のメディアを通して体験できるシステムを幾つか構築していきたいと考えている．

先に述べたロボットの機能向上および実際のドリブル動作の床面への表記と再生を実現した上で，人による再生のみの場合と人とロボット両方により再生する場合で，獲得された動作のイメージの違いを検討することが，今後の課題である．

参考文献

[1] E. Graether and F. Mueller. Joggobot: A Flying Companion as Flying Companion. CHI ’12 Extended Abstracts, pp.1063-1066 Interactivity, 2012.

[2] 石黒浩. アンドロイド, ジェミノイドと人間の相違. 情報処理 49(1), 7-14, 2008.

[3] 岡崎乾二郎. 芸術の設計ー見る/作ることのアプリケーション. フィルムアート社, 2007.

[4] Alec Finlay. Labanotation: The Archie Gemmill Goal. Edinburgh University Press, 2004.

[5] 中田亨 他. ロボットの身体動作表現と生成される印象とのラバン特徴量を介した定量的相関分析. 日本ロボット学会誌 19(2), pp.104-111, 2001.

[6] 徳永幹雄, 橋本公雄. イメージトレーニング - スポーツ選手のための理論と実際 -. イメージング-表象・創造・技能, pp.40-77, サイエンス社, 1991.

[7] J. Tominaga, K. Kawauchi and J. Rekimoto. Around me: a system with an escort robot providing a sports player’s self-images. In proceedings of the 5th Augmented Human International Conference, Article No. 43, 2014.

[8] Y. Ukai and J. Rekimoto. Swimoid: A Swim Support System using An Underwater Buddy Robot. In proceedings of the 4th International Conference on Augmented Human, pp.170-177, 2013.