情報処理学会論文誌　Vol. 50　No. 12　2894–2899 (Dec. 2009)

テクニカルノート

剣戟アクションの基本要素への分解と連続動作の合成——コンピュータ殺陣学事始め

天目隆平[†1]　柴田史久[†1]　田村秀行[†1]

映画制作を支援する複合現実型可視化技術 MR-PreViz において，一連の複雑なアクションを，あらかじめ動作ごとに分解し収録しておいた基本要素から合成できればきわめて有用である．本論文では，プロの殺陣師である中村健人氏の協力のもと，我々が定義した時代劇剣戟アクションの基本要素データについて，および基本要素から複雑な剣劇アクションを生成する手法について述べる．

Decomposition and Synthesis of Sword Fighting Play into/from Action Building Blocks —The Beginning of Computational Tatelogy

Ryuhei Tenmoku,[†1] Fumihisa Shibata[†1] and Hideyuki Tamura[†1]

In MR-PreViz, which supports filmmaking using mixed reality techniques, it is useful to realize synthesis of complicated action scenes from action building blocks which are archived in advance. This paper describes building blocks of sword fight actions which were defined by us in conjunction with a professional action coordinator, Taketo Nakamura and our synthesizing method of complicated sword fight action scenes from action building blocks.

†1 立命館大学
Ritsumeikan University

1. はじめに

時代劇映画や舞台劇に登場する剣戟アクションは，「殺陣（たて）」と呼ばれている．これは剣道の試合のように技を競い相手を倒すものではなく，物語の流れの中で観客の目に訴える演技所作であり，むしろ舞踊に通じるものがある．ただし，日本舞踊などの古典芸能ほどの伝統はなく，それを継承・教育する大きな流派もない．映画生誕以来 100 年強の歴史の中で，構図やキャメラワークも進歩し，外国映画の中でも刀による剣戟シーンが取り入れられるなど，日々進化をとげている．演技所作としては，中国拳法のカンフー・アクションとも共通点は多いが，殺陣という日本の時代劇固有の言葉が生まれるだけの独自の文化が培われてきたといえる[1)]．

そのアクションコーディネータは「殺陣師（たてし）」と呼ばれ，監督の要求する尺の長さや演技の激しさなどに応じて，作品ごとに殺陣の演技を考案している．その中で次第に，攻め手と受け手の動作には型らしきものが生まれ，その組合せで様々な演技が構築されている．ただし，これまでその型が明文化されたことはなく，殺陣師の育成が系統的に行われているわけでもない．初期は舞踊の振付師が殺陣師となって考案していたものを，最近では，それを演じていたアクション俳優が殺陣師となって継承し，発展させているという．

我々は，その殺陣の型を明示的な形で分類し，1 人ずつの演技に分け，さらに動作を基本的な要素に分解し，その基本要素から様々な連続したアクション演技をコンピュータで生成できないかと考えた．殺陣の所作をモーションキャプチャ（MoCap）データの形で収録しアーカイブしておけば，殺陣という文化を客観的かつ科学的に分析することが可能となる．さらに，基本動作がコンピュータ・ハンドリング可能なデータとなっていれば，それを組み合わせて時系列的に接合することで，様々な変化に富んだ連続アクションを生成することも試みられる．すなわち，我々が取り組もうとしているのは，いわば「コンピュータ殺陣学」の事始めである．

我々のこの研究の背景には，現実世界と仮想世界を融合する複合現実感（Mixed Reality; MR）技術を用いて，映画制作における事前可視化（Pre-Visualization; PreViz）を効率化するという MR-PreViz プロジェクトがある[2)]．この研究プロジェクトでは，殺陣師のデザインしたアクション演技を MoCap で収録し，CG データと実背景に重畳した MR-PreViz 映像を作り，映画制作を効率化するというワークフローが確立し，そのためのシステムやソフトウェアツールも開発されている[3)]．実背景と合成する CG アクションを，基本要素に分解してアーカイブ化したデータを自由自在に組み合わせて合成することを目指す本研究は，

© 2009 Information Processing Society of Japan

MR-PreViz の有用性をいっそう高めるものである．

基本要素への分解と記述には，顔の表情を記述する FACS（Facial Animation Coding System）[4] を利用し，表情合成を行っている研究例がある[5]．FACS を参考に，本研究では殺陣師とのコラボレーションにより，まず 1 対 1 の対戦の殺陣所作を基本要素に分解記述することに成功した．この作業自体が，殺陣師の理解と個人的能力による貴重な結果である．次にこの基本要素動作に基づく演技のデータ収録を行い，そのデータを接合する実験を行った．そこで遭遇した種々の問題点の解決を図る研究を推進している．

本研究の類似研究として，舞踊の動作をアーカイブし，定量的に分析する研究が行われている[6]．MoCap 形式で舞踊のデータを収録して分析し，骨格の抽出や「舞踊譜」などとの対応も試みられている[7]．これらの研究は，あくまで分析が目的である点が本研究との相違点である．また，曽我らは，バレエの基本ステップのモーションデータをアーカイブし，バレエの振付けの体系に基づいてレッスン用の振付けを生成するシステムを提案した[8]．本研究は，殺陣において同様の目的で一連の動きを生成する研究であるが，相手との間合いやタイミングを考慮して一連のアクションを生成する必要があるので，単純な基本アクションデータのつなぎあわせの問題にとどまらず，より高度な設計指針が要求される．

以下，本論文では，本研究の意義を映画制作における要求と関連研究の中で位置づけ，実際に行った基本要素の設計と収録，要素の接合による連続動作の合成手法について報告する．

2. 剣戟アクションの分解と再構築の意義

2.1 アクションシーンの MR-PreViz

映画の本番撮影の以前に想定映像を事前可視化する PreViz は，激しいアクションや複雑なキャメラワークを要するシーンでこそ威力を発揮する．映画制作において現状採用されているのは，人物の演技だけでなく，背景もまたフル CG で描写する PreViz である．一方，MR-PreViz プロジェクトが目指しているのは，撮影スタジオ内の大型実物セットや屋外のオープンセットなどの現実の光景を背景とし，そこにあらかじめ収録したアクションを実時間で合成して可視化し，結果をただちに視認できる技術である．その大略のワークフローを**図 1** に示す．

まず，MR-PreViz を用いるシーンにおいて，実背景と合成する CG キャラクタのアクションデータを準備する．アクション専門俳優が演じた演技を MoCap で収録したもののほかに，3 次元ビデオデータ[9] など，複数のアニメーションデータ形式の混在を可能としている．データ収録環境の都合上，複数人の演技を別々に収録することもしばしばあるので，個別収



図 1　MR-PreViz を利用した映画制作の流れ
Fig. 1　Workflow of filmmaking using MR-PreViz.

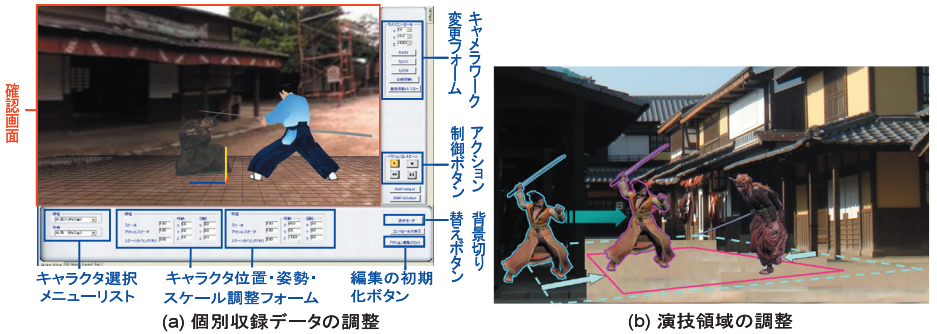


図 2　CASCADES
Fig. 2　CASCADES.

録データを時間的・空間的に調整できるツール CASCADES（Computer Aided SCene & Action DESign System）が用意されている（**図 2** (a)）．

次なる Phase 2 では，本番と同じ撮影場所で MR 技術を用いて実背景に CG アクションデータを実時間で合成し，様々なキャメラワークやカット割りを専用のブラウザで視認しながら試すことができる[3]．Phase 2 でアクションに関して要求されることは，Phase 1 で構築したアクションデータの演技領域と実際の撮影現場の広さとの不整合の解決である．演技領域の違いが大きい場合は，演技そのものを殺陣師が再設計せざるをえないのだが，この違いが小さい場合には，演技内容に応じた演技領域の半自動調整法[10] を利用する．この半自動調整は CASCADES の一機能として実装している（図 2 (b)）．

この後，Phase 3 の本番撮影を行うのだが，Phase 2 で撮影した MR-PreViz 映像を通じて事前に監督の意図する完成イメージをスタッフ間で共有できるので，本番撮影を効率化で

© 2009 Information Processing Society of Japan

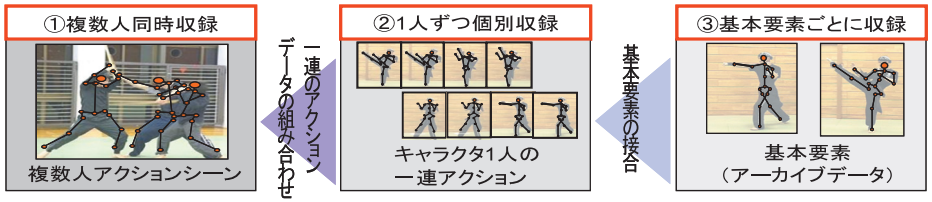


図 3　アクションシーンの構築手法
Fig. 3　Construction methods of action scenes.

き，映画製作のコストダウンにつながる．

2.2　アクション収録とシーン構築方法

我々が想定する複数人のアクションの収録とアクションシーンの構築方法は，下記の 3 種類にまとめることができる（**図 3**）．

① 複数人のアクションシーンをそのまま収録する．
② 1 人ずつ収録した一連のアクションを組み合わせて，複数人のアクションシーンを構築する．
③ アクションを基本要素ごとに収録し，それらを接合してキャラクタ 1 人の一連のアクションを生成する．これらを ② と同様に組み合わせて複数人のアクションシーンを構築する．

この中で ③ が最も難易度は高いが，再構成の自由度も大きい．有限個の基本要素の接合により，自由に発想されたあらゆるアクションの再構築は不可能であるが，「型」に基づいて構築されるアクションでかつ，ある程度アクションに制限を加えれば，③ のレベルで有効活用できるものは可能ではないかと考えられる．

3.　剣戟アクションの基本要素の設計と収録

3.1　殺陣師・中村健人とのコラボレーション

本研究の最大の目的である殺陣所作の基本要素への分解が可能であるか，できたとしてもその基本要素に基づいた動作を俳優が演技可能であるかは，それを指導できる殺陣師が見つかるかにかかっていた．幸いにも，（株）ジャパン・アクション・エンタープライズ（以下，JAE）所属の中村健人氏を発掘し，同氏とのコラボレーションのもとにこの目的を達成することができた．中村氏は自らアクション俳優を経験した後，アクションコーディネータに転じている．過去も現在も時代劇の伝統を誇る東映・京都撮影所での仕事が大半であり，正

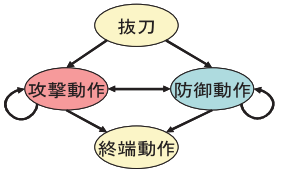


図 4　キャラクタの状態遷移図
Fig. 4　State transition diagram of character.

統派の殺陣文化を体得した筋金入りの殺陣師である．それでいて MoCap 収録経験もあり，新技術への好奇心も強い．MR-PreViz の意義への理解も早く，本研究の意図の飲み込みも早かった．実のところ，基本要素への分解の研究テーマは掲げたものの，FACS のように記述できるかどうか疑問であった．それが適任の中村氏を得て，大きな障害なく基本要素の設計が達成できた．

3.2　構築可能な剣戟アクションシーン

基本要素の接合により構築する剣戟アクションには以下の制限を設ける．

- 2 体のキャラクタが向き合った 1 対 1 のアクションである．
- 2 体のキャラクタは，キャラクタ間を結ぶ直線上を移動しながらアクションを行う．
- 片方のキャラクタが攻撃動作を行う間，もう片方のキャラクタは防御動作を行う．
- 攻撃動作を行うキャラクタは，次節で述べる足運びで相手の方向へ前進しながら攻撃を行う．防御動作を行うキャラクタは同じ歩数だけ同じ歩幅で後退しながら防御を行う．これにより，2 体のキャラクタ間の間合いはつねに一定に保たれる．

各キャラクタのアクションは，抜刀動作から始まり，攻撃動作・防御動作を繰り返し，何度か攻撃側と防御側を入れ替えながら攻防を繰り広げた後，片方のキャラクタが相手を倒す終端動作で終了する．すなわち，各キャラクタの状態は**図 4** のように遷移する．

3.3　剣戟アクションの基本要素

殺陣における攻撃動作時の基本的な刀の軌道は，**図 5** に示す垂直（①→⑤，⑤→①），水平（③→⑦，⑦→③），斜め（②→⑥，⑥→②，④→⑧，⑧→④）の 8 通りであり，ちょうど「米」の字を描く形で刀を振る．また，これら 8 通りの刀の動きに対して足運びの形は，同じ側の足と手を同時に前に出す「ナンバの動き」に基づいて決まるとされている．攻撃動作には，これら 8 通りの基本要素を定義した．また，殺陣に見られる連続攻撃を実現するために，攻撃終わりの姿勢から素早く次の攻撃開始姿勢につなぐ基本動作（移行動作）を定義した．

© 2009 Information Processing Society of Japan

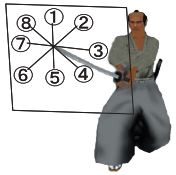


図 5　攻撃動作時の刀の動き
Fig. 5　Trajectory of the blade.

防御動作には，剣戟アクションでよく用いられる以下の 4 種類の動作を定義した．

- **よける**：相手の攻撃と同時に一歩後退し，相手の攻撃をかわす
- **受ける**：相手の刀をいったん自分の刀で受け止める
- **弾く**：相手の刀を刀で受け，そのまま攻撃が来た方向などに弾き返す
- **擦り流す**：自分の刀を相手の刀に当てて攻撃方向を変える

このうち，「よける」以外の 3 つの防御動作は，攻撃側のキャラクタと刀を接触させるため，図 5 に示す攻撃方向に応じてそれぞれ 8 種類ずつ定義した．また，攻撃側のアクションとして，相手に受けられるなどの動作も定義した．

あらゆる殺陣において，勝敗が決する場面は大きな見せ場であり殺陣師の発想の見せどころである．より複雑で魅力的なアクションの合成を実現するために，これらを終端動作として収録することとした．終端動作は，勝者と敗者の一対のアクションからなり，攻撃動作や防御動作の組合せでは到底構築できないような複雑なアクションである．

3.4　基本要素の収録

以上のように定義した剣戟アクションの基本要素のうち，115 種類の演技（うち，攻撃動作 43 種類，防御動作 38 種類）を中村氏の監督の下で JAE 社所属のアクション俳優に演じてもらい，MoCap データの収録を行った．これらの基本要素は，俳優が基本要素の初期フレームの体勢で静止した状態から演技を行い，最終フレームの体勢で再び静止するまでと定義し収録した．収録した基本要素の一部および，設計可能な剣戟アクションシーンの一例を**表 1** に記す．

4.　基本要素からのアクションシーンの再構築

4.1　基本要素の接合による一連のアクションの組み立て

基本要素を接合して自然な一連のアクションの組み立てを実現するためには，接合するフレーム間において，(i) キャラクタの体勢の微妙な違い，(ii) 動作の不連続性を軽減する必

表 1　収録した基本要素（抜粋），構築可能なアクションシーンの一例
Table 1　Action building blocks and an example action scene.

攻撃動作

No.	アクション内容	
⋮	⋮	⋮
6	攻撃	上段の構え→真下に斬る
7		左上段の構え→右下に斬る
8		左中段の構え→右に斬る
9		右下段の構え→左上に斬る
10		右上段の構え→左下に斬る
11	攻撃終了位置→攻撃開始位置	真下→上段の構え
12		真下→左上段の構え
13		真下→左中段の構え
14		真下→右下段の構え
15		真下→右上段の構え
⋮	⋮	⋮
36	攻撃を受けられる	左上段からの攻撃を受けられて左下へ
37	攻撃を弾かれる	上段攻撃を弾かれて左上へ
38		右下段攻撃を弾かれて右下へ
⋮	⋮	⋮

防御動作

No.	アクション内容	
44	八双→防御	八双→上段を弾き左上へ
45		八双→左上段を受け右下へ
46		八双→左中段を擦り流し右へ
47		八双→右下段を弾き右下へ
48		八双→右上段を擦り流し左上へ
⋮	⋮	⋮
54	防御終了位置→防御	左上→上段を弾き左上へ
55		左上→左上段を受け右下へ
56		左上→左中段を擦り流し右へ
57		左上→右下段を弾き右下へ
58		左上→右上段を擦り流し左上へ
⋮	⋮	⋮
79	後退	八双→一歩後退して避ける
⋮	⋮	⋮

終端動作の一例

No.	勝者	敗者	No.
108		八双の構えから袈裟に打ち込み	109
	八双の構えから跳ね上げる		
		跳ね上げられ斬り込む	
	抜き胴（左→右）で離合		
		斬られながら離合→振り返り上段に振り上げる	
	背中越し，中段に突き		
		中段を突かれる	
	回転しながら引き抜く→真っ向に斬る		
		斬られ片膝をつき倒れる	
	血振り→納刀		

構築可能なアクションシーンの一例

No.	侍A（敗者）	侍B（勝者）	No.
3	八双→右上段の構え		
10	右上段の構え→左下に斬る	八双→右上段を擦り流し左上へ	48
		左上→左上段の構え	27
60	左下→左上段を受け左下へ	左上段攻撃を受けられ左下へ	36
32	左下→左上段の構え		
7	左上段の構え→右下に斬る	左下→八双	82
20	右下→右上段の構え		
10	右上段の構え→左下に斬る	八双→一歩後退して避ける	79
		八双→左中段の構え	106
61	左下→左中段を擦り流し右へ	左中段の構え→右に斬る	8
		右→左中段の構え	23
66	右→左中段を擦り流し右へ	左中段の構え→右に斬る	8
		左上→上段の構え	26
64	右→上段を弾いて左上へ	上段攻撃を弾かれ左上へ	37
114	左上→中段の構え	真っ向に斬り込む	115
	離合しながら抜き胴		
	間		
		反転して真っ向に斬り込む	
	峰で跳ね上げる		
		跳ね上げられる	
	袈裟に斬る		
		斬られて前に倒れる	

© 2009 Information Processing Society of Japan



(a) 左：④→②からの攻撃を受ける(60)
右：②からの攻撃を受けられ④へ(36)
(b) 左：④→③からの攻撃を擦り流す(61)
右：③から右に斬る⑦へ(8)
(c) 左：八双→①からの攻撃を弾く(44)
右：①からの攻撃を弾かれ②へ(37)

図 6　構築した剣戟アクションの例（基本要素番号）
Fig. 6　Examples of synthesized actions.

要がある．(i) は，基本要素データ収録時にアクション俳優が同じ体勢をとろうと心がけても限界があるために生じる．(ii) は，接合フレームでは演技者は静止した状態で基本要素のデータ収録を行ったことに起因し，これにより接合したアクションは接合フレームで動作が 1 度止まるように見えてしまう．これらの問題点を解決する基本要素の接合方法として，運動特性に着目した手法とモーションブレンディングを利用した手法を開発した[11]．

4.2　アクションデータ間の位置・タイミング調整

基本要素を接合して生成した一連のアクションデータや，1 人ずつ個別収録したアクションデータを組み合わせて複数キャラクタによるアクションシーンを構築するためには，アクションデータ間の位置関係とアクションのタイミングにおける整合をとる必要がある．我々は，キーフレーム（キャラクタ同士が接触する箇所や相手の攻撃を回避する箇所など，タイミングの一致が特に要求されるフレーム）とコンタクトポイント（キーフレームにおけるキャラクタ同士の接触箇所の座標値）をキャラクタ 1 人の一連のアクションデータに対して手動で設定することで，半自動的にデータ間のタイミング・位置関係を調整する手法を開発した[12]．これらの手法によって基本要素から組み立てた剣戟アクションシーンの様子を**図 6** に示す．

5. む　す　び

本論文では，時代劇の剣戟アクション（殺陣）を基本要素に分解し，基本要素から連続動作を合成できることの意義について述べ，ついで殺陣師・中村健人氏とのコラボレーションにより，基本要素の設計および収録を行ったことを述べた．本論文で述べた剣戟アクションの基本要素への分解事例は，他の身体動作への応用も可能であると考える．

謝辞　本研究は，JST 戦略的創造研究推進事業（CREST タイプ）「映画制作を支援する複合現実型可視化技術」および科研費若手研究（B）No.20700115 の助成を受けたものである．

参　考　文　献

1) 小川順子：「殺陣」という文化，世界思想社 (2007).
2) 田村秀行，柴田史久：可視化技術で創造力を高める映画制作支援，情報処理，Vol.48, No.12, pp.1365–1372 (2007).
3) 一刈良介ほか：映画制作を支援する複合現実型プレビジュアリゼーションとキャメラワーク・オーサリング，日本 VR 学会論文誌，Vol.12, No.3, pp.343–354 (2007).
4) Ekman, P. and Friesen, W.V.: *The facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement*, Consulting Psychologist Press (1978).
5) 森島繁生，八木康史：顔の認識・合成のための標準ツール，システム制御情報学会誌, Vol.44, No.3, pp.119–126 (2000).
6) 吉村ミツほか：赤外線追跡装置による日本舞踊動作の解析，信学論 D-II，Vol.J87-D-II, No.3, pp.779–788 (2004).
7) 中村美奈子，八村広三郎：ラバノーテーション Labanotation とコンピュータテクノロジー—モーションキャプチャの舞踊教育と舞踊分析への応用，舞踊学，No.24, pp.17–22 (2001).
8) 曽我麻佐子ほか：3DCG を用いたバレエレッスン用振付の自動生成システム，情報処理学会じんもんこん講演論文集，Vol.2004, pp.253–258 (2004).
9) Matsuyama, T. and Takai, T.: Generation, visualization, and editing of 3D video, *Proc. 1st Int. Symp. on 3D Data Processing Visualization and Transmission*, pp.234–245 (2002).
10) 菊池佳保理ほか：映画 PreViz のための CG アクションシーンの編集・生成（1）—空間的制約を考慮したアクションの半自動調整，情報処理学会全国大会，No.1Z-7 (2009).
11) 岡本夏実ほか：映画 PreViz のための CG アクションシーンの編集・生成（2）—基本要素の接合による剣戟アクションの合成，情報処理学会全国大会，No.1Z-8 (2009).
12) 小川直昭ほか：映画制作を支援する複合現実型 PreViz 研究プロジェクト（4）—個別収録データ間の整合を考慮したアクションシーンの構築，映情メ冬季大，7-12 (2007).

(平成 21 年 3 月 18 日受付)
(平成 21 年 9 月 11 日採録)



天目　隆平

2003 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了．2006 年同研究科博士後期課程修了．同年 4 月より立命館大学総合理工学研究機構特別研究員，現在に至る．博士（工学）．複合現実感，モバイルコンピューティングに関する研究に従事．IEEE，電子情報通信学会，日本バーチャルリアリティ学会各会員．

© 2009 Information Processing Society of Japan



柴田　史久（正会員）

1996 年大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了．1999 年同研究科博士後期課程修了．大阪大学産業科学研究所助手を経て，2003 年 4 月より立命館大学理工学部助教授．現在，同情報理工学部情報コミュニケーション学科准教授．博士（工学）．モバイルコンピューティング，複合現実感等の研究に従事．IEEE，電子情報通信学会，日本バーチャルリアリティ学会，日本ロボット学会等各会員．日本バーチャルリアリティ学会学術奨励賞および論文賞受賞．



田村　秀行（正会員）

1970 年京都大学工学部電気工学科卒業．工業技術院電子技術総合研究所，キヤノン（株）等を経て，2003 年 4 月より立命館大学理工学部教授．現在，同情報理工学部メディア情報学科教授．工学博士．パターン認識，画像情報処理，マルチメディア，バーチャルリアリティ等の研究推進と実用化に従事．電子情報通信学会フェロー，IEEE，ACM，人工知能学会，映像情報メディア学会，日本バーチャルリアリティ学会等各会員．本学会および日本 VR 学会論文賞，人工知能学会功労賞等を受賞．編著書『コンピュータ画像処理』（オーム社），『デジタル映像』（日本経済新聞社）等．

© 2009 Information Processing Society of Japan