

仮想物体を用いたシアターゲームにおける身体協調 Coordination of Body Movement in Theater Game Using Virtual Objects

安藤敏彦[†]
Toshihiko Ando

1. はじめに

著者が劇団と協力して実施する演劇のワークショップの中には、一般市民を対象とする、演劇を利用してコミュニケーションを活性化させるためのプログラムがいくつかある。このプログラムの中では、初対面の人に面と向かって大きな声を出したり、身体を動かしたり、集団で一つのことを成し遂げたりすることで、短時間でも参加者同士に親近感を醸成させることができる。特に、シアターゲームと呼ばれる即興練習を行う場合には、参加者に高い集中と周囲への協調性が要求され、ゲームの課題が達成された時の一体感是非常に高い。このようなシアターゲームでは、参加者の間にしばしば身体の協調が見られ、この協調こそが舞台芸術における出演者と観客の間に共感を生む源泉となっていると考えられる。このようなコミュニケーションがネットワークを利用した環境や、俳優間だけでなく、俳優とオブジェクト（ロボットや実在する物、および仮想空間のアバタなど）とが混在する仮想と現実のハイブリッドな空間で成り立てば、一つの舞台作品を作ることも可能になる。

これまで著者のグループでは、対面コミュニケーションにおける快さの原理を明らかにしようと、舞台俳優やダンサーのコミュニケーションにおける身体の協調を調べてきた。これには2つの目的がある。第1はジェスチャや、実空間で人が道具を操作する動きを取り入れるなど、人の身体サイズのコミュニケーションをHCIで実現することである。第2は上で述べたような人とオブジェクトとが相互に関与するような環境の実現を実現し、舞台芸術へ応用することである。俳優の動きにオブジェクトが協調したり、あるいは俳優の動きとは反する動きを起こして舞台に緊張をもたらしたりさせるなど、新たな表現をもたらすことができる。本稿では、第2の目的について触れてみたい。

対面コミュニケーションにおける身体の協調は、舞台芸術に限らず、日常でもしばしば見られ、これがコミュニケーションの快さを生んでいる。日常会話の中の身体協調としては、会話の中のうなずきやジェスチャがよく見られる。会話の中で自発的にジェスチャが使われたり[1]、発話者のうなずきが聞き手の反応を強く促したりすることが知られている[2]。また、2者の発語と身振りと呼吸のタイミングをより直接的に測定するため、一方が決まったテンポで単母音を発音させながら、他方がそれを聞いて腕を曲げのぼしする場合、特定のテンポで呼吸と運動との協調が見られることが実験的に分かっている[3]。

舞台芸術での身体協調については、音楽演奏の研究が先行している。音やテンポなど具体的な刺激が現れる音楽演奏の場合には、共演する演奏者の呼吸が同調するが、音楽的内容にも影響を受けていることが示唆されている[4]。身体の協調は決まった曲目を演奏する場合によく見られるが、

即興演奏などにも見られる。演劇やダンスの場合でも、即興的な演技を繰り返すうちに、身体が協調することがよく観察される。前述のシアターゲームでも身体協調がよく見られる。その例として、著者らは「棒つなぎゲーム」と呼ばれるシアターゲームを行う俳優2名の動きの協調を調べている[5]。棒つなぎゲームは人差し指で1mほどの棒を支え合い、落とさないように移動したり身体を傾けたりするゲームである。このゲームを行う俳優のモーションデータをグラフィカルモデリングを用いて分析し、個人内および個人間の身体各部の相互関連性を調べた。その結果、直接棒に振れている双方の人差し指の間は当然相関が高かったが、それだけでなく、人差し指と相手の体幹の間でも相関が高く、ゲームを滑らかに運ぶための身体の使い方を示唆する結果が得られている。

さらに興味深いのは、無対象、つまりパントマイムのように実物を使わず、さも物があるかのように扱う場合である。この場合、演者と観客の間、あるいは演者同士の間、ジェスチャやサインの認識やタイミングの一致も重要であるが、双方の間で何か「共有」するものが必要であると考えられる。

本稿では、シアターゲームの一つである「見えないボールのキャッチボール」の動作分析を行い、実際にボールを使う場合と比較し、目に見えない仮想的なオブジェクト（仮想物体と呼ぶ）を扱うときの、「受ける／渡す」行為のタイミングの差や身体の協調について報告する。さらに、その結果を踏まえて、上述したハイブリッドな環境で、共演する人／オブジェクトが仮想オブジェクトを「共有」するための方法について考察する。

2. シアターゲームの測定

2.1 見えないボールのキャッチボール

本研究で扱う見えないボールのキャッチボールは、著者が実施する演劇ワークショップでよく用いるシアターゲームの一つである。これは、俳優同士が他者に渡される言葉や「勢い」をできるだけありのままに受け取ること、受け取る側が渡されたものを受け取るかどうかを渡す側に意識させることなどを目的としている。最初からボールを使わないで行うことは難しいので、通常は実際にボールを使ってキャッチボールを行ってから、仮想のボールを使ったゲームに移ることがほとんどである。

ゲームの手順は以下の通りである。

【見えないボールのキャッチボール】

- (1) 投げる前に使うボールの重さや表面の状態などを、手で触るなどして確認する。
- (2) ゲーム A(ボールあり): 実際のボールを使ってキャッチボールを行う。このとき以下のように教示する。
「ボールを受け取る側は、ボールの勢いをそのまま

[†] 仙台電波工業高等専門学校 Sendai National College of Technology

受け取るように音を立てないように受け取りましょ
う。渡す側は受け取る側が受けやすいボールを投げ
ましょ。」

- (3) ゲーム B(ボールなし): ボールを置いて、あたかもボ
ールが実在するようにキャッチボールを行う。
教示はゲーム A と同じである。

実際にこのゲームを行う場合には、慣れるまではある程
度決まった投げ方をさせるが、それ以降は参加者の自由に
任せることが多い。また、ゲーム B のあと、別のゲームに
発展させる。ボールを投げる動作に呼吸をつけて、投げる
ときに渡す側は息を吐き、受け取る側はそれと同じ勢いで
息を吸い込むように指示する。この発展ゲームは「息のキ
ャッチボール」と呼ばれ、相手の言葉の勢いや方向をあり
のままに受け取るための練習になっている。

2.2 実験方法

前節に述べた見えないボールのキャッチボールを約 1 分
間にわたって被験者に行ってもらい、その様子をモーショ
ンキャプチャで測定した。

被験者は、20 歳代の俳優(男性)およびダンサー(女性)で、
このゲームを行うのはこれが初めてである。測定は宮城県
産業技術総合センターにある Vicon Motion Systems 社の
Vicon 612 を使用してモーションキャプチャを行った。並
行してデジタルビデオカメラで試技を撮影し、Vicon と同期
処理している。測定空間は幅 4m×奥行き 4m×高さ 3m で
ある。

Vicon 612 は赤外線カメラを使った光学式で、直径約
1cm の赤外線反射テープを貼ったマーカを必要な関節等に
装着する。今回の実験では、被験者には左右の耳、両肩、
両肘の内側外側、両手首、右中指先、両腸骨端、両大転子、
両膝、両足首、両足小指の計 21 点の関節等に約マーカを
装着した。また、モーションキャプチャのサンプリングは
120Hz である。

試技を行う際、2 人の被験者にはゴム製ドッジボール 2
号球(直径約 20cm, 重量約 300g)を使ってキャッチボ
ールをしてもらった。手順(1)の後、数分練習を行った後、(2)
ゲーム A (ボールあり) の測定を 2 回行った。試技の時間
は約 70 秒である(試技の順に、A1, A2 と呼ぶ)。その
後、ボールをいた状態で数分の練習の後、(3)ゲーム B
(ボールなし) の測定を 2 回行った。試技の時間はそれぞ
れ約 60 秒である(試技の順に、B1, B2 と呼ぶ)。図 1
にゲームの測定の様子を示す。図中に白く浮かんでいるの
が装着されたマーカである。

なお、キャッチボールを繰り返すテンポは特に規定せず、
被験者にまかせている。今回の試技では、ゲーム A (ボ
ールあり) では約 3.6 秒毎に、ゲーム B (ボールなし) では
約 3.4 秒ごとにボールを投げ合っている。

3. 実験結果

3.1 分析データ

モーションキャプチャの測定データは、2 人分 42 点の
マーカ毎に x, y, z の 3 次元座標の時系列として得られ

る。この測定で得られたモーシオンデータの例を図 2 に示
す。このグラフは同期開始から両被験者の右人差し指(マ
ーカ名 RIND) の高さ(z 座標)の時間変化を示す。このゲー
ムは投げたボールの勢いをそのまま受け取ることが要求さ
れるので、受け取る側は落下するボールと同じ早さで手



(a) ゲーム A (ボールあり)



(b) ゲーム B (ボールなし)

図 1 見えないボールのキャッチボールの測定の様子。

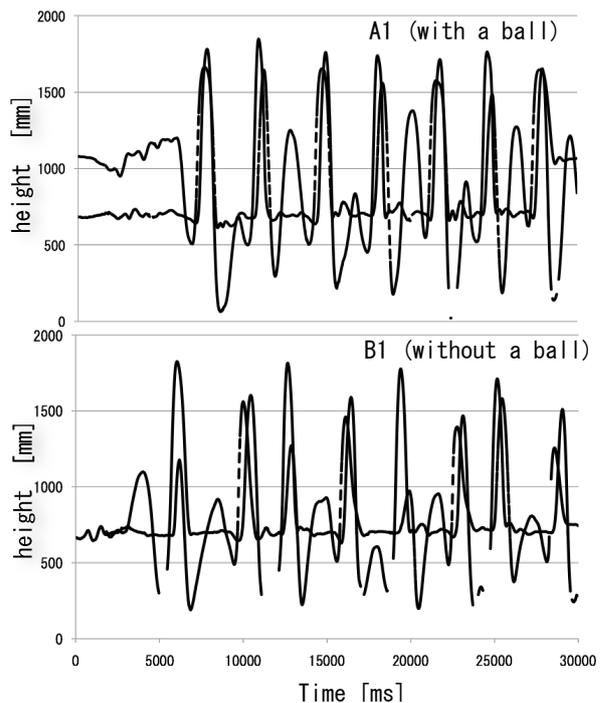


図 2 測定して得られたモーシオンデータの例。

動かさなければならない。そのため、ボールを投げ上げ、受け取る手の動きに、このゲームの特徴が現れる。従って、このゲームを分析する際に最も重要なのはボールを扱う手の位置であり、右指先はもっともよくそれを表している。つまり、このゲームの流れを最も端的に表していると言ってよい。従って、本稿ではこの RIND の z 座標および、RIND の座標の差分、すなわち速度について分析を行った。ただし、今回の実験では、運動の性質から、マーカの位置がカメラから隠れてしまう位置になったり、速度が速い場合もトラッキングできなかつたりしたため、データが一部欠落している。

3.2 分析方法

このゲームにおける両被験者の典型的な右指先の動きを図 3 に示す。被験者 1 がボールを投げ上げ、そのボールを被験者 2 が受け取る過程における、右指先の上下の位置を上図が、そのときの速度の絶対値を下図が示している。

一般に、投げる側 T が投げてから受ける側 C が受け取るまでの過程は以下の通りである。

- (1) T がボールを投げ上げる。
- (2) C がボールを受け取るため、腕を上げる。
- (3) T はボールを投げた後、腕を下ろす。
- (4) C はボールの落ちる速さに合わせて腕を下ろしながら受け取る。

ここで、以下の要件を仮定する。

- I. ボールを投げ上げる時、手の速度が最大になるときにボールから手が離れる。
- II. 受ける側は、手の速度が最大のときにボールを受け取る。

この仮定のもと、4 点の時刻とそのときの速度を以下のように定める。

- T1 : T の投げ上げる速度が最大になる時刻、
- T2 : C が腕を上げる速度が最大になる時刻
- T3 : T が腕を下ろす時刻が最大になる時刻
- T4 : C が受け取るために腕を下ろす速度が最大になる時刻
- V1~V4 : T1~T4 における速度の絶対値。

T1, T2 はそれぞれ T, C の動作の開始, T3, T4 はそれぞれ T, C の動作の終了に対応する。これらの時刻の差について、4 回の試技(A1, A2, B1, B2)各々に対し、平均および分散を求め比較した。

3.3 分析結果

3.3.1 時間の比較

まず、投げる側、受ける側の動作開始時間の差 $T2 - T1$ [ms]と、動作終了時間の差 $T4 - T3$ [ms]を、それぞれゲーム A, ゲーム B とで比較した。各試技の平均値と分散とを表 1 に示す。

$T2 - T1$ では、ゲーム B (ボールなし) はゲーム A (ボールあり) に対し、平均値で+100ms 程度の差があった

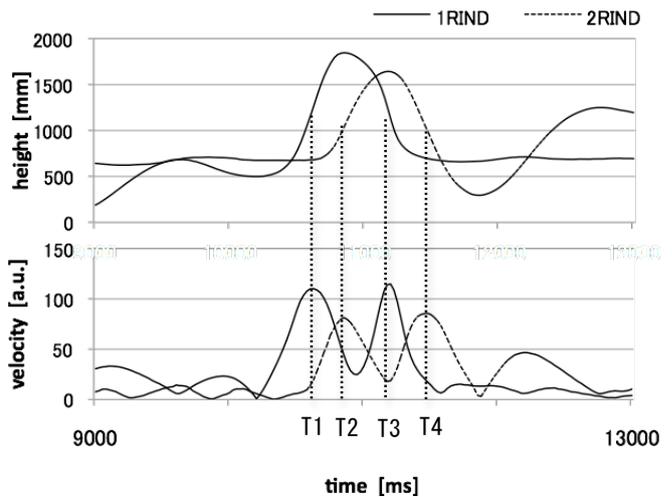


図 3 典型的な両者の右手指先の動き。

(有意水準 5%)。一方、 $T4 - T3$ では平均値の差がさらに大きくなり、+250ms 程度となっていた。ゲーム A, ゲーム B とともに、2 回目の試技の方が分散が小さく、回数を重ねることでゲームに熟達することが示唆される。

また、表 2 に 2 人の動作開始時間の差($T2 - T1$)と動作終了時間の差 ($T4 - T3$) を示す。ボールを投げる側の投げ始めから腕の振り下ろしまでの時間 $T3 - T1$ [ms] にはゲーム B はゲーム A に対し、平均値に約 - 200ms の差があった (有意水準 5%)。一方、投球から捕球までの時間を表す $T4 - T1$ [ms] に有意な差は無かった(有意水準 5%)。

3.3.2 運動速度の比較

次に、投球や捕球のために振り上げたり、振り下ろしたりするときの手の運動速度をゲーム A とゲーム B とで比較した。表 3 に投球時と捕球時の速度差 $V4 - V1$ と、投げる側の前後の速度差 ($V3 - V1$) を示す。ただし、それぞれ、

表 1 動作開始時間の差 ($T2 - T1$)、および動作終了時間の差 ($T4 - T3$)。

	$T2 - T1$ [ms]		$T4 - T3$ [ms]	
	Ave.	SD	Ave.	SD
A1	240	90	53	182
A2	291	50	2	117
B1	369	80	259	228
B2	342	71	235	185

表 2 投球開始から捕球までの間隔 ($T3 - T1$, $T4 - T1$)。

	$T3 - T1$ [ms]		$T4 - T1$ [ms]	
	Ave.	SD	Ave.	SD
A1	891	222	945	78
A2	975	134	976	68
B1	732	192	996	80
B2	716	130	951	96

表 3 投球時と捕球時の速度差 (V4-V1), および投げる側の前後の速度差 (V3-V1).

	V4-V1 [%]		V3-V1 [%]	
	Ave.	SD	Ave.	SD
A1	-1.3	13.9	-11.0	20.7
A2	-5.5	11.5	-22.8	14.3
B1	-25.2	17.2	-48.8	21.7
B2	2.7	26.4	-38.9	14.3

V1 で正規化している. V4 - V1 では, ゲーム A とゲーム B の平均に有意の差はない(有意水準 5%). 一方, V3 - V1 では, ゲーム A とゲーム B の平均値の間に有意の差が認められた (有意水準 5%) .

4. 考察

4.1 動きの協調に対するオブジェクトの存在の影響

このゲームで最も身体の協調が現れるのは, ボールを受け取る際の腕の動きである. 実際, 表 1 の T4 -T3 のゲーム A に対する結果を見ると, ボールを投げる側は, ボールを受け取る側とほとんど同時に腕を下ろそうとしており, ボールを受ける際に, 投げた側が受ける側に動きを合わせようとしている. ビデオ映像でもボールを受けるときの 2 人の腕の動きの協調が確認できる. ただ, ボールがない場合にはボールを使う場合に比べ 250ms 程度の遅れが生じており, ボールの視覚的な刺激がないことで協調が弱まっていることが分かる. これは, 投げ始めの場合も同様で, 投球開始の両者の時間差も, ボールを使わない場合の方が 100ms 程度広がっている.

また, ボールのあるなしは, 被験者の姿勢にも影響を与えている. 本稿では, 視線や身体の姿勢などの分析はしていないが, ビデオ映像で確認したところでは, ボールがある場合は視線がボールを追いつけているが, ボールのない場合は, 相手の動作によってボールの動きを想像するため, 相手の姿を常に視界に入れておくように, 動く範囲が制約を受けていた.

4.2 受け渡しされる仮想物体の実在感

ボールを実際を使ってキャッチボールを行う際には, 重さ, 大きさ, 表面の質感, 受けるときの衝撃, 投げ上げる上方の空間の広さなど, ボールの実在に伴う様々な感覚が共有され, それによって投げる側と受ける側のコミュニケーションが規定される. それに対し, ボールを使わない場合には, キャッチボールを行う両者の間で直接やり取りされるものが無いので, それに代わるものが新たに共有される必要がある. では, ボールが無くて, さもあるように感ぜられるためには何が必要であろうか?

ゲーム A とゲーム B との間に差が認められないのは, 表 2 に示す T4 - T1 と, 表 3 に示す V4 - V1 である. つまり, ボールが投げられてから受け取られるまでの時間が変わらない, あるいは, ボールが投げられたときの速度と受け取られたときの速度が変わらなければ, ボールがあるように感じられるようである. 言わば, ある保存量が存在することが予想される.

パントマイムのような無対象の表現を, 他者が理解する, あるいは理解させるためには, このような仮想物体が起こすであろう変化が, 人の身体やオブジェクトに提示されなければならない. それによって, 演じる側とそれを見る側がはじめて何かを共有できているという実感を持ち, そこで身体の協調も生じるのではないだろうか.

複数の者がある対象を共有するという意味では共同注意 (joint attention) と同じである[6]. 共同注意に関連して, ロボットと幼児の間でそれを実現させるアプローチ[7]や, 視線計測による複数人の注視位置の推定[8]があり, 共同注意が共通認識や共感につながっていることがうかがえる. ただ, 仮想物体を扱う場合は, それ自体を見ることができないので, 異なるアプローチが必要だと思われる.

5. おわりに

本稿では, シアターゲームの一つである見えないボールのキャッチボールの動作のモーションデータを分析し, 実際にボールを使った場合の動作と比較した. その結果, 遅延はあるが, いくつかの保存量が見受けられ, これが無対象でもボールを受け渡している実感に結びついていることが予想される. これをもとに, 仮想物体の実在感について考察した.

今後, 人を撮影したビデオ映像, あるいは人型モデルや抽象化した画像のアニメーションを前に, 1 人の被験者に見えないボールのキャッチボールを実施してもらい, 相手が実在しない場合の協調を調べ, 今回の結果と比較する予定である. さらに, 協調の数学的モデルを考案し, ディスプレイ上の人型モデルとして実現する.

謝辞

本研究に当たり, 宮城県産業技術総合研究センター主任研究員太田靖氏には多大な協力をいただきました. 謹んで感謝いたします.

参考文献

- [1] C. Butcher and S. G. Meadow, "Gesture and the transition from one-to two-word speech: when hand and mouth come together", in *Language and Gesture*, Cambridge Univ. Press, pp.235-257 (2000).
- [2] 堀内靖雄, 庵原彩子, 西田昌史, 市川薫, "自然対話における聞き手の反応と話し手のうなずき・言語情報・韻律情報との関係に関する予備的検討", 情処研報, 2004-HI-109, pp.93-98 (2004).
- [3] K. Hayashi, N. Furuyama and H. Takase, "Intra- and Inter-personal Coordination of Speech, Gesture and Breathing Movements", 人工知能学会論文誌, Vol. 20, No. 3, pp.247-258 (2005).
- [4] 山本知仁, 三宅美博, "共同演奏における演奏者間コミュニケーションの解析", 計測自動制御学会論文誌, Vol.40, No.5, pp.563-572 (2004).
- [5] 安藤敏彦, 鈴木渉, 松元啓介, "シアターゲームにおける非言語コミュニケーション", 信学技法, HCS2007-1, pp.1-6 (2007).
- [6] C. Moore and P. J. (Eds.), "Joint Attention", Lawrence Erlbaum Associates Pub.(1995).
- [7] 小嶋秀樹, 仲川こころ, 安田有里子, "ロボットに媒介されたコミュニケーションによる自閉症療育", 情報処理, Vol.49, No.1, pp.36-42 (2008).
- [8] 竹村憲太郎, 松元吉央, 小笠原司, "複数人の視線計測に基づく「場の注意」の推定", 情処研報, 2004-HI-110, pp.25-30 (2004).