

## 2Q-07 オブジェクトの包含・接触に基づくモーションデータベースの検索

柳沢 豊 磯崎 秀樹 勝野 裕文

NTT コミュニケーション科学基礎研究所

### 1 はじめに

近年、空間データを利用するアプリケーションとして、3D チャット [菅原 98] のような多数のユーザが仮想的な空間内に訪れてコミュニケーションを図るシステムや、三次元データを用いたドラマ放送やスポーツ中継のシステムなどの開発が進められている。またこれらのアプリケーションで利用された空間データが増加し蓄積されつつある。これらのデータからユーザが興味のあるイベントや事件の発生した場面を探し出すには、蓄積された空間データの中から特定の場面を検索する方法が必要となる [藤代 99]。

ここで言うイベントとはチャットシステムであれば「会話」やユーザ間の「遭遇」などのユーザの動作に相当し、サッカー中継であれば「シュート」「パス」などの選手の動作に相当する。このような検索手法について、画像処理の分野ではサッカー試合中の選手の動作の検索 [宮森 98] やテニスの選手の動作の認識 [大和 93] などいくつかの研究が行なわれている。

これに対して空間データからの「動作」の効率的な検索方法は未だ確立されていない。そこで本研究では、動作データを格納するモーションデータベースにおいて空間内部の動作の高速な検索を実現することを目的とし、オブジェクトを被覆する領域 (Bounding Volume) に基づき動作に対してインデクスを付与する方法を提案し、この方法の有効性について検証する。

### 2 動作インデクスの作成方法

空間データを利用するアプリケーションの中で、最もよく動くオブジェクトは人間などのオブジェクトである。従って、ユーザが動作の検索を行なう場合も、人間や生物などのオブジェクトの動作を中心に検索することが多いと考えられる。これらのオブジェクトの動作は、単体のオブジェクトのみで形成される動作と、複数のオブジェクトの相互作用によって形成される動作がある。

「歩く」「走る」など単体の人間 (オブジェクト) の動作については、腕や脚の胴体に対する相対的な座標

の (回転を含む) 移動軌跡として記述する方法が利用できる。これらの動作の検索には数値のパターンマッチによる検索処理方式を用いることが可能である。

一方で何人かの人間によって作られる複数の人間の相互作用によって形成される動作としては、「握手をする」「(相手を) 殴る」などがある。これらの動作を形成する上で、複数の人間の間の距離を利用すると、単体の人間の動作 + 距離の変化という形で表現できることが多い。例えば「握手」ならば、単体の人間が「手を前に動かす」という動作と、その動作を行なっている人間 2 人の手の距離が 0 になる、という形で表現できる。同様に「ボールを蹴る」というような、人間が無生物に作用する動作の場合は、人間が脚を後から前に蹴り出すという単体の動作と、人間の脚とボールとの距離が 0 になり、その後ボールと人間が離れていく、という形で表現できる。しかし、オブジェクト間の相対的な距離に関する計算量は、一般にオブジェクト数を  $n$ 、フレーム数を  $f$  とすると  $O(fn^2)$  となり、この計算を検索の処理毎に実行するのは効率的ではない。

そこで、本研究ではオブジェクト間の距離が 0 になる (接触 / Collision) 時刻と、片方のオブジェクトがもう一方のオブジェクトに完全に含まれる (包含 / Inclusion) 時刻だけに着目し、データの格納時に予めこれらの時刻とオブジェクトの組に対してインデクスを作成する方法を提案する。これを動作インデクス (Motion Index) と呼ぶ。動作インデクスを利用することで、検索時に相対距離を計算すべきオブジェクトや時刻を絞ることができる。例えば「ボールを蹴る」という動作であれば、まず人間とボールが接触した時刻をインデクスを使って探しだし、次にその前後の人間とボールの移動軌跡などのデータをつかって相対距離の計算などを行えばよい。

接触と包含の関係を高速に算出するため、インデクスの作成時にはオブジェクトの Bounding Volume を用いて計算する。これはオブジェクトを被覆する単純図形 (二次元なら矩形や円、三次元なら直方体や球など) のことである (図 1 左参照)。Bounding Volume の「接触」は図形の接触あるいは部分的な重なりのある状態を意味し、「包含」は一方の図形が完全に他方に含まれている状態を意味する (図 1 右参照)。このような状態が発生した時刻と、発生した状態 (接触または包含) の組が動作インデクスとなる。

<sup>1</sup>Indexing Motion Databases based on Collision and Inclusion of Objects

Yutaka Yanagisawa, Hideki Isozaki, Hirofumi Katsuno  
E-Mail: yutaka@theory.brl.ntt.co.jp  
NTT Communication Science Laboratories.

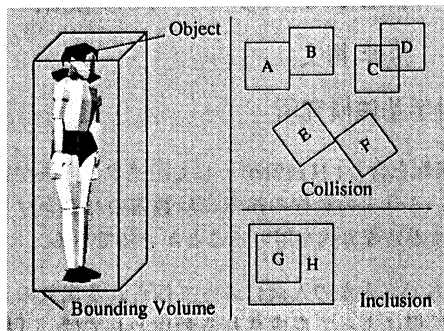


図 1: 接触と包含

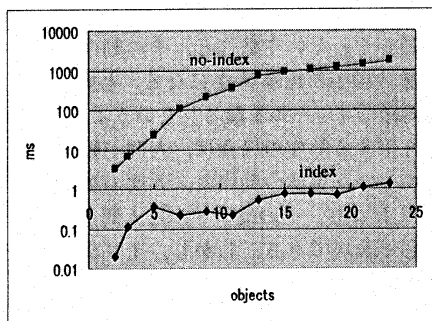


図 2: 「パス」の検索結果

### 3 手法の評価

本研究で提案した、動作インデックスを用いた検索のできる評価用のシステムの実装を行なった。システムはFreeBSD 2.2.8上でC言語を用いて実装した。データとしては97年度に行なわれたロボカップ(ソフトウェア部門)の試合の経過を記録したログファイルを用いた。このデータには、22人の選手とボールについて各オブジェクトの各フレームごとの位置データが記録されている。オブジェクト数は選手22人とボールの23個であり、ひとつのオブジェクトあたり座標データ(x,y)を6,458組もつ。選手オブジェクトのBounding Volumeは選手を中心とする半径2mの円とし、ボールについては同様に1mの円とした。このデータに対して動作インデックスを作成したところ、領域の「接触」について999個のインデックスが得られた。インデックス数はデータ数の0.67%である。

このデータについて、「選手がボールをパスする」という動作について検索を行なった。パスは、1) 選手Aがボールから距離1.4m以内にいる時刻を $t$ とし、2) 時刻 $t$ の前後でボールの速度か向きが変化し、3) 時

刻 $t$ 以降にはじめてボールが接触した選手がAではなくおかつAと同じチームの選手である、という条件によって検索した。結果としてはこれらの条件を満たす選手オブジェクトと動作の時間区間が得られた。実際に検索した結果、条件に一致するオブジェクトと時間区間の組は121組得られた。

以上の条件のもと、オブジェクト数の変化に対する検索速度の違いについて、オブジェクト数を2から23まで変化させて調べた(図2)。表の縦軸は検索に要した時間であり、横軸はオブジェクト数である。実験の結果、インデックス付き検索のほうがインデックス無しに比べ、およそ100~1000倍速くなった。ただし、オブジェクト数を変化させた場合についての処理時間の変化に対しては、オブジェクト数の単純な増加よりも、ボールと接触が多かった選手オブジェクトがデータに入ることによる影響が大きい。なお、オブジェクト数が23個のときのインデックス作成時間は223.00ms、インデックス付き検索時間は1.37msであり、インデックスを使わない場合は1687.37msであった。

このことから、「パス」動作の検索に関しては本研究で提案した領域の干渉に基くインデックスを予め作成する方法が、検索速度の向上に十分効果があることが確認された。

### 4 おわりに

本研究では、動作の検索を効率化する方法として、Bounding Volumeの接触と包含に基づくインデックス付与方法の提案と手法の評価を行なった。この結果、特に複数のオブジェクトの相互作用によって生じる動作の検索に対してインデックスが有効に働くことが確認された。今後は、接触と包含に基づいた動作の表現方法に関する研究と、他データを用いた手法の評価を行う予定である。

### 参考文献

- [藤代 99] 藤代 一成, “仮想社会におけるマルチモーダルインタラクションの検索と再現,” 日本ヴァーチャルリアリティ学会第5回複合現実感研究会発表資料(1999).
- [金子 96] 金子 邦彦, 黒木 進, 牧之内 顕文, “アニメーションデータベースシステム MOVEにおける動きの格納と検索法,” 電子情報通信学会論文誌, Vol. J79-D-I, No.10, pp.834-842(1996).
- [宮森 98] 宮森 恒, 越後 富夫, 飯作 俊一, “短時間動作記述を用いた映像のシーン表現と検索方式の検討,” 電子情報通信学会信学技報 PRMU98-190, pp.107-114(1998).
- [菅原 98] 菅原 昌平, 松浦 宣彦, 宇佐美 潔忠, 箕浦大裕, 井上 雅之, 松本 俊宏, “インターネットベースにおけるコンテンツ作成技術,” NTT R & D Vol.47, pp.471-482(1998).
- [大和 93] 大和 淳司, 大谷 淳, 石井 健一郎, “隠れマルコフモデルを用いた動画像からの人物の行動認識,” 電子情報通信学会論文誌, Vol. J76-D-II, No.12, pp.2556-2563(1993).