

加速度センサを用いた動作データの検索に関する研究

中島 康公 中村 徳裕 西尾 孝治 小堀 研一

大阪工業大学

1. はじめに

近年、CG キャラクタのアニメーションを作成するために、モーションキャプチャ技術が幅広く利用されている。しかしモーションキャプチャシステムの利用には多大なコストがかかるため、個人での利用は現実的ではない。そこで最近では一度取得したモーションキャプチャデータを再利用する試みが盛んに行われている。

このようにモーションキャプチャデータの普及に伴って扱われるデータが膨大になり、目的の動作を検索するための手法[1]が必要とされるようになった。ユーザが直観的に動作を検索する方法として、ユーザ自身が実際に動作を行う方法が考えられる。しかし、モーションキャプチャシステムや空間位置センサなど、リアルタイムに関節の位置情報を取得できる機器は高価であるという問題がある。

ところで、近年、半導体技術の進歩により、小型化、高精度化された加速度センサが、携帯電話やゲームコントローラなどに搭載されるようになった。加速度センサは位置情報を得られない代わりに安価であり、また、動きの情報を得ることができるデバイスのひとつである。

そこで本稿では、加速度センサから得られる加速度データを検索キーとして動作データを検索する手法を提案する。提案手法では加速度データをスペクトル解析することで動作の特徴となる周波数成分を抽出し、これらを用いて検索を行う。

2. 提案手法

提案手法では、ユーザが加速度センサをつけて動作を行うことにより、目的の動作を検索する。説明の都合上、右手首に加速度センサをつけるものとする。

本研究では、モーションキャプチャデータを直接比較するわけではなく、それに付与する加速度データを検索の指標とする。また、加速度データをそのまま時系列データとして扱うのではなく、パワースペクトルによる比較を行う。

これは、動作の速さや強さの違いによる検索の漏れを防ぐためである。

提案手法による動作検索の流れを以下に示す。なお、あらかじめ動作データとそれに対応する加速度データを1対にしてデータベースに格納しておくものとする。

1. 入力された加速度データをフーリエ変換してパワースペクトルを求める。
2. 同様にデータベースに格納された加速度データのパワースペクトルを求める。
3. 入力動作のスペクトルとデータベースに格納された動作のスペクトルを比較し、非類似度を求める。この際、データベースに格納されているすべての動作データに対して非類似度を求める。
4. 閾値 T を用いて類似動作と非類似動作に分類し、類似動作群を検索結果とする。

2.1 パワースペクトルの抽出

まず、加速度センサから得られる時系列加速度データからフーリエ変換を用いてパワースペクトルを抽出する。離散データに変換する際のサンプリングレートは動作の情報が欠落しない程度に定める。また、フーリエ変換を行う際のデータ長を動作の1周期が入るように定める。本研究では、予備実験よりサンプリング周波数を30Hz以上、データ長を2秒以上とする。

2.2 スペクトル分析による動作データの評価

求めたパワースペクトルを用いて動作データの非類似度を求める。人体動作のパワースペクトルは、動きの速度や強弱、周期の違いによってスペクトルの大きさや特徴的な周波数成分の位置が異なる。そこで本研究では、スペクトルの大きさを正規化し、周波数軸方向に平行移動することで、このような違いにも対応する。

ここで比較するふたつのパワースペクトルをそれぞれ $f_{(i,j)}$, $g_{(i,j)}$ とする。ここで i はセンサのローカル軸, j はスペクトルのデータ番号, J はスペクトルのデータの集合を表す。 $f_{(i,j)}$, $g_{(i,j)}$ それぞれにおいて、各軸のスペクトルの最大値を $\alpha_i = \max_{j \in J} (f_{(i,j)})$, $\beta_i = \max_{j \in J} (g_{(i,j)})$ とする。提案手法では、動作に含まれる周波数成分のうち最大

“A Study on Retrieval for Motion Data by Using Acceleration Sensor”

Yasumasa Nakajima, Norihiro Nakamura
Koji Nishio, Ken-ichi Kobori
Osaka Institute of Technology

値となった周波数成分 α_i , β_i が, その動作の特徴を表していると考えられる. 類似動作であれば, この特徴が同じであると仮定して, α_i , β_i を重ね合わせるように平行移動し, α_i , β_i によりスペクトル $f_{(i,j)}$, $g_{(i,j)}$ を一定の値に正規化する.

本研究で定義する非類似度は, 比較するふたつのスペクトルを重ね合わせたときの, 大きさの差異を評価したものである. これは, 図 1 に示すように, ふたつのスペクトルが成す面積に相当する. 加速度センサのある軸 $i \in \{x, y, z\}$ においてこの面積を求め, 他の軸に対しても同様に処理を行い, その総和を非類似度 $dSim$ とする. この総和が大きいほどふたつの動作は似ていないと判断する.

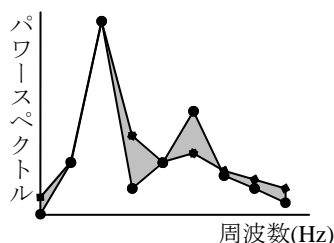


図 1 非類似度の算出

非類似度 $dSim$ は式(1)を用いて求めることができる. w_i はそれぞれの軸の重み付けを表す.

$$dSim = \sum_{i \in \{x, y, z\}} w_i \sum_{j=0}^{n-1} |f_{(i,j)} - g_{(i,j)}| \quad (1)$$

人体動作は, 「歩く」や「走る」など, 動作の種類により各軸のスペクトルの大きさが異なる. そのため, これら 3 軸のスペクトルの総和を求める際に, w_i による適切な重み付けが必要となる. 本研究では以下に示すふたつの重み付けを提案する.

- (1) α_i の大きさによる重み付け
- (2) β_i の大きさによる重み付け

重み付け(1)は入力動作のスペクトルの強さを考慮して $w_i = \alpha_i$ とする. 重み付け(2)はデータベースの動作のスペクトルの強さを考慮して β_i による重み付けを行う. しかし, データベースの動作は β_i が動作毎に異なるため, 各軸の β_i の比を用いる. 3 軸の合計を $m = \beta_x + \beta_y + \beta_z$ とすると, このときの重みは $w_i = \beta_i / m$ となる.

3. 実験・考察

提案手法の有効性を検証するため, 実験を行った. 実験に用いた動作は, A(手を振る(縦)), B(手を振る(大)), C(握手), D(手を振る(小)),

E(歩く), F(パンチ), G(ジャンプ)である. これらの動作群に対して, 加速度センサを右手首につけて「手を振る」動作を行い, 検索した結果を表 1 に示す. ここで, 主観評価の値は, 最も似ていると判定された動作を 0, 最も似ていないと判定された動作を 1 として正規化した非類似度である. ここで類似動作と非類似動作を分類する閾値を $T=0.3$ とすると, 主観評価より A, B, C, D が検索結果として望ましい.

重み付け(1), (2)ともに検索結果に A, B, C, D が含まれていることがわかる. しかし, 重み付け(1), (2)ともに検索してほしい動作以外の動作が多く含まれている. これは, 重み付け(1)では F, G が, 重み付け(2)では F が極端に悪い結果となったことで, 上位の動作群において値の差が小さくなったためと考えられる. また重み付け(1)では, A の順位が下がっている. これは, 手を振る方向が違うことで, 重力加速度の影響を受けたためと考えられる. アプリケーションとして実装する際は, 閾値を可変とすることで, 検索結果のデータ数を可変とすることができる.

現在, 閾値 T をユーザが設定しているため, 今後の課題として, 適切な閾値を自動で設定することが挙げられる.

表 1 実験結果

順位	重み付け(1)	重み付け(2)	主観評価
1	C(0.000)	C(0.000)	A(0.000)
2	B(0.049)	A(0.098)	B(0.074)
3	D(0.053)	B(0.110)	C(0.253)
4	A(0.072)	D(0.127)	D(0.263)
5	E(0.102)	E(0.224)	E(0.663)
6	F(0.985)	G(0.302)	F(0.663)
7	G(1.000)	F(1.000)	G(1.000)

4. おわりに

本研究では, 加速度センサから得られる加速度データを検索キーとして動作データを検索する手法を提案した. 提案手法では, 加速度データをフーリエ変換して動作のスペクトルを抽出し, それを比較することで, 位置情報の得られない加速度センサを用いて動きの速度や強さの異なる動作を検索できることを実験より確認した.

参考文献

- [1] Meinard Mükker, et al. “Efficient Content-Based Retrieval of Motion Capture Data”, Proceedings of ACM SIGGRAPH 2005, pp677-685 (2005)