

Moved Distance Estimation by Acceleration Integration for Human Motion Measurement

Noriaki Kojima[†] Masaru Shirai[†] Minoru[?] Ueda[†]

University of Aizu[†]

概要

モーションキャプチャーは運動解析のいくつかの分野で導入されている。しかしながら既存のシステムには測定範囲、高額な装置、可動域の制限等といった問題も抱えている。そこで角速度計と加速度計を用いたシステムのプロトタイプをここに提案する。本研究ではこのシステムとシステムの持つ問題をどう扱うかを上げる。

1. 導入

モーションキャプチャーシステムは3Dコンピュータグラフィックス(3DCG)、ロボットエンジニアリング、ヴァーチャルリアリティ(VR)などの分野で導入されている。3DCGで効率的に現実的な人体動作を取り込むためにはモーションキャプチャーは特に必要不可欠になっている。しかし、既存の測定装置では測定範囲、システムの価格、装着時の可動域の制限等といった問題を抱えている。そこで角速度計と加速度計を搭載した新しいモーションキャプチャーシステムのプロトタイプを提案する。このシステムでは全身にセンサーを取り付ける、すなわちウェアラブルモーションキャプチャーシステム(WMC)である。WMCは場所にかかわらず動作を取り込み既存のシステムより安価に導入できる。

しかし、このシステムにはまだ測定誤差、センサーの配線等、いくつかの問題が存在する。特に深刻な問題として座標の原点が固定されるため測定対象の移動を反映できない。

本研究では座標の移動を推定するために加速度の二回積分を用いている。加速度の二回積分は移動軌跡の推定において有効であると考えられる。WMCは場所や対象の特徴に影響を受けずに移動距離を推定できる。

センサー出力に誤差が含まれていると積分結果には大きな違いが現れるので補正は積分前に行う。その後実地調査で計算結果の精度を検証する。

2. 原理

図1はアケボノブレーキ株式会社製のセンサーボックスで図2は装着者の様子である。



図1 センサーボックス



図2 装着者

このセンサーボックスは角速度計と加速度計を3つずつ搭載している。この実験ではRS-232Cで接続されたセンサーボックスとノートPCの入ったリュックサックを被験者が背負う。このときセンサーボックスが傾いていると重力加速度の影響を受け、常に加速度を検出してしまい正しい加速度が検出できない。そこで測定前にセンサーの初期状態を計算する必要がある。センサーの傾きは被験者が静止している状態で加速度と三角関数によって求めることができる。

3. 処理手順

まず、センサーの停止状態を検出するためにセンサーが出力した50個のサンプルごとに平均と分散を求める。出力の分散が十分に小さいときセンサーは停止状態と認識する。このとき、センサーの出力の平均は重力成分のセンサー軸の傾きによるものとする。したがって実際の加速度はセンサー出力の加速度から重力成分を

除いた物となる。また、進行方向への偏向角度はセンサーの重力加速度と加速度のアーコサインで求める事ができる。図3にセンサーの傾きを示す。

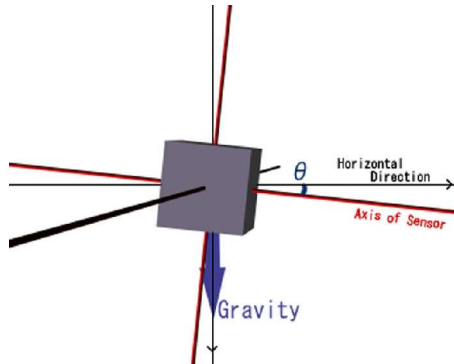


図3 センサーの傾き

第二に傾きによる重力加速度をオフセット電圧に加える。この補正は停止状態検出の次のステップで行う。しかし、センサー軸そのものの傾きによって実際の加速度よりも小さい出力になっている。この軸の傾きは正弦をとる事で得る事ができる。

次に修正した加速度の二回積分で二点間の速度を推定する。連続する2点の加速度を積分し速度を求める。この積分には台形公式を使う。この計算で得られるのは速度の増分であるので実際の速度は初速度と加速度積分で求めた速度の増分であらわされる。

同様に移動距離の推定も台形公式を用いる。しかし台形公式で表される移動距離は単位時間当たりの移動距離であるため実際の移動距離は各々の地点で求めた移動距離の和となる。

しかし依然として結果には誤差を含んでいる。したがってこの累積誤差を最小二乗法(LSM)を用いて推定し、再計算をおこなう。LSMは統計データの多次元近似多項式の係数を推定するアルゴリズムである。ここで速度のグラフをLSMで1次方程式のグラフに近似する。 $y = Ax + B$ としたときA,Bそれぞれを求める方程式を次に示す。

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

この一次式の係数が加速度の誤差になる。オフセット電圧を求めた係数を用いて再調整し再び二回積分する事で推定移動距離を得る事ができる。

4. 実験

実験は平坦な舗装道路の上で行った。被験者はセンサーを入れたリュックサックを背負い35m直進する。斜面では重力の影響をうけてしまうので平坦な道路で実験をすることが重要である。

5. 考察

停止状態のセンサー角度は運動の前に計算している。そのために移動によってセンサーの角度が変化するとセンサーが受ける重力の影響が停止状態と比べて変化してしまうのではないだろうか。この誤差を取り除くには角度の変化を時間経過ごとに再計算してやる必要があるだろう。そしてさらに厳しい停止条件の判定が必要になるだろう。

もう一つの問題はセンサーボックスの座標軸が測定対象の座標軸とずれていることである。そのため重力の影響で実際よりも弱い加速度しか検出できていない。この修正には測定対象の運動だけでなく、たとえば磁気センサーで地磁気を検出するといった外力の情報を与える必要があるのではないだろうか。

6. 結言

加速度積分は移動距離推定に効果的であるということが証明された。しかし、計算結果は十分な精度ではなく実用化には多くの改良が必要と考えられる。どのようにこの誤差を軽減するかが問題になってくるだろう。

また、本研究では2次元平面での推定のみを取り上げている。実際の運動軌跡推定には高さの変化および角速度計の出力も用いる必要がある。そしてこの補正計算はリアルタイムでされるべきだがセンサー出力を記録してから計算している。リアルタイムで行うのであればどの程度の遅延まで許されるのか調べる必要もあるだろう。

参考文献

- [1] Koichi Sagawa, Mitsutoshi Susumago, Hikaru Inooka, "Three-dimensional walking distance measurement by integration of body acceleration", 2002.
- [2] Haruhisa Kawasaki, "Base of numerical analysis by C&FORTRAN", Kyoritsu Publishing Co' Ltd.
- [3] Hiroshi KANASUGI, Yusuke KONISHI, Ryosuke SHIBASAKI, "Identification of measurement and action mode of human body operation with wearable sensor", 2003.