

RoboCup4 足リーグにおける 加速度センサにもとづく状況分析方式

久保一弘[†]中村克彦[‡][†]東京電機大学大学院理工学研究科[‡]東京電機大学理工学部

1 まえがき

RoboCup4 足リーグは、既製品のペットロボット AIBO が用いられ、改造が禁止されているため、実機部門の中でもソフトウェアの優劣のみで勝敗が左右されるという特徴をもつ。われわれは、RoboCup4 足リーグ用のチーム”DEN-INU”を開発している [1]。

本研究の目的は、AIBO に内蔵されている加速度センサを用いて歩行時の加速度の情報を分析し、衝突の検出や歩行速度の計測を行うことにより、自己の位置の推定やカメラの死角を補う状況分析を実現することである。

ほとんどのチームは主に AIBO:ERS-7 を用いている。この機種は図 1 に示されるセンサを用いて外部の状況を認識し、その情報をもとに行動を決定する。多くのチームは、主に頭部に搭載されているカメラのみから外部の状況認識を行っている。しかし、AIBO に搭載されているカメラの視野角は、水平方向が約 57° 垂直方向が約 45° と狭く、頭部の構造上後方を視認することはできない。このため、試合中に AIBO 同士が衝突し、接触したまま動き続け、プッシングというファールを取られるという問題がしばしば起きている。

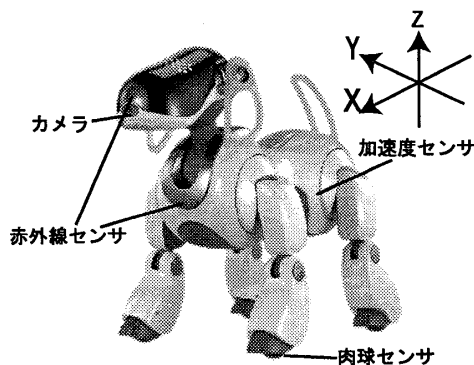


図 1: AIBO:ERS-7

Situation Analysis Based on Acceleration Sensor in RoboCup Four-Legged League

Kazuhiro Kubo[†], Katsuhiko Nakamura[‡][†]Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University[‡]School of Science and Engineering, Tokyo Denki University

2 従来の衝突検出方法

衝突を検出するために、AIBO の足の関節角度に基づいて検出する手法がある [2]。この方法では、プログラムでモータに命令した出力の値と実際に動いたモータの出力値を比較することによって、自由に動いている状態と接触している状態とを判別する。この手法は、AIBO 同士が接触している時は、プログラムでモータに命令した入力と実際の出力値が異なるということを利用してしている。しかし、試合中に、AIBO 同士が接触しているにも関わらず、足のアームは命令どおり正常に動いている場合もある。このような場合に、足の関節角度に基づいて衝突を検出する手法では、対処できない。

3 加速度センサを用いた衝突検出

加速度センサを用いて衝突を検出するためには、衝突している時と通常の歩行時の加速度センサのデータを比較し区別することが必要である。このため、それぞれの状況下における加速度のデータを抽出した。

AIBO の動作は、基本的動作の繰り返しである。今回は、前進に関する動作のみを分析した。図 1 AIBO に搭載されている加速度センサは、計測軸は 3 軸である。計測範囲は約 $\pm 20 \text{m/sec}^2$ 、加速度データの測定回数は 5 回/ms であり、1 回の前進動作で約 100~150 回のデータを取得する。図 2 に 1 回の前進動作によって発生する加速度の変化の典型的なパターンを示す。図 3 には衝突した状態での 1 回の前進動作によって発生する加速度の変化の典型的なパターンを示す。

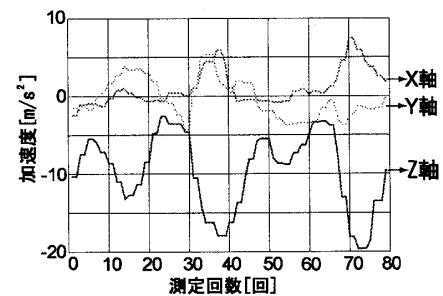


図 2: 通常の歩行の典型的な加速度の変化パターン

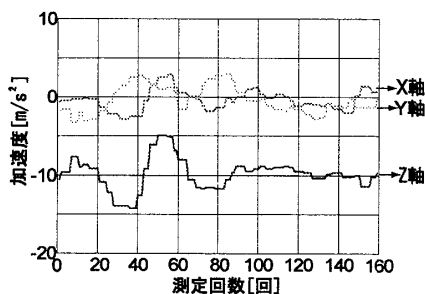


図 3: 衝突時の歩行の典型的な加速度の変化パターン

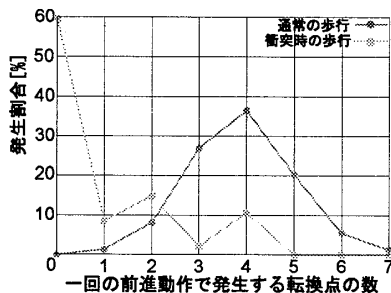


図 4: 一回の前進動作における転換点の数の発生割合

図 2 と図 3 から、衝突している時と通常の歩行時では Z 軸の加速度のパターンに大きな違いがあることがわかる。以下に、加速度センサを用いて、衝突を検出する手続きを示す。

1. Z 軸の加速度センサのノイズ成分を除去し、ピークや谷を明確にするため、スムージング処理(サンプリングしたデータ 3 個の平均を取る)を行う。これを、 10m/s^2 の範囲ごとに分類しラベリングする。
2. ラベリングしたデータの転換点(ピークと谷)の数をカウントする。カウントした転換点の数を、通常の動作時の値から導いた閾値と比較する。
3. 1 回の前進動作における転換点数が、閾値以下なら、衝突していると判断する。

上記の手順で、衝突を正しく検出するためには、衝突時と通常の歩行時の転換点の閾値を適切に設定する必要がある。そのため、通常の前進動作を行っている時と、衝突時の転換点の数を計測した。図 4 に一回の前進動作における転換点の数の割合を示す。このグラフから、通常の歩行時と衝突時の転換点の閾値を 1 とすることによって、通常の前進動作での誤認識は 1.35% 以下であり、68% で衝突している状態を検出できることが分かる。AIBO が衝突してから 3 秒間前進し続けるとプッシングの反則を取られる。1 回の前進動作は約 300ms であるため、AIBO が衝突してから、反則にな

るまでに 10 回の前進動作を行う。したがって、衝突している 10 回の前進動作の間に衝突を検出できればよい。ため、68% の検出率で十分である。このように本提案手法では、衝突している状態での歩行と通常の歩行時における、Z 軸の加速度センサのパターンの違いに着目し、前述した手順を適用することによって衝突を検出できる。

4 実験結果

提案した手法を用いて衝突を 3 秒以内に検出できることを確かめるために、AIBO の歩行中に故意に衝突を起こし、衝突を検出すると後退するプログラムを作成した。また、通常の歩行中に衝突と判断して誤動作を起こさないことを確かめる実験をおこなった。

実験の結果、誤動作の確率は 3%、衝突の検出確率は 90% となった。本提案手法は、衝突している時と通常の歩行時の加速度センサの出力を分析することにより、3 秒間相手プレイヤーを押し続けるプッシングのファールをほぼ防ぐことができる。

5 速度と移動距離の推定

X, Y 軸の加速度データを積分することにより歩行速度が測定できる。さらに、速度を積分することにより移動距離が測定できる。移動距離によって視覚情報を補うことにより、フィールド内における自己の位置の認識をより正確に行うことができる。AIBO のような視野の狭いカメラでは、自己位置の認識に移動距離を利用することは有用である。

6 まとめ

本報告では、加速度センサを用いた外部の状況判断の 1 つとして、加速度センサのデータを利用した衝突検出の実現方法を述べた。本提案手法は、わずかな誤動作のみで十分な衝突検出が可能で、試合においても十分に効果が期待できる。しかし、現状のアルゴリズムでは衝突している時に AIBO の鉛直の動きが通常の前進に似ている動作が続くと衝突を検出に時間がかかる。将来の課題として、鉛直方向の加速度変化の特徴だけでなく、他の軸の加速度変化も考慮することによる衝突の検出の高速化がある。

参考文献

- [1] <http://www.robocup.org/>.
- [2] D.Nardi et al.(Eds.): RoboCup 2004, LNAI 3276, pp. 150-159, 2005.