

肢肢体の加速度計測による転倒予測

Falling prediction by bodily acceleration

○ 真辺良祐 (高知工科大学) 王碩玉 (高知工科大学) 姜銀来 (高知工科大学)

Ryosuke MANABE, Kochi University of Technology
 Shuoyu WANG, Kochi University of Technology
 Yinlai JIANG, Kochi University of Technology

Abstract: Falling accident is one of the major threatens to the health of the elderly. If the sign of falling can be detected before falling, falling can be predicted and action can be conduct to prevent falling or reduce the damage of falling. In this paper, we measured the acceleration of neck, lower abdomen and knees during falling. The acceleration of neck , lower abdomen and knees changed significantly before falling. The experiment results suggest that falling is predictable.

Key Words: Falling, acceleration

1. 緒言

高齢者が要介護となる原因の1つとして、転倒による骨折が挙げられる[1]。高齢者の転倒は、バランス感覚や認識能力と反応速度の低下が大きく関係しており、バランス能力改善のための運動が転倒予防に効果的である事が示されている[2]。また、転倒事故が発生しても、骨折等の身体障害に繋げないためには、機械による助けが有効であると考えられる。もし力学的立場から、歩行状態から転倒状態への推移時に表われる特異的な姿勢変化を検出する事ができたならば、不安定な状態から定常の歩行状態へと復帰させる事や、転倒時の衝撃を軽減する装置の開発が可能になると考えられる。そこで本研究では、歩行状態から転倒状態に推移する際の特異的な姿勢変化 (Fall Sign) を検出するために、加速度センサーを用いて定常状態から転倒状態に移る際の身体の各部位の加速度変化を計測し、転倒前に特異的な特徴の抽出を行う。そして、抽出した Fall Sign より転倒の検知を行う。

2. 実験方法

転倒実験では、加速度センサー(MVP-RF8, MicroStone)を3個使用し、Fig. 1 に示す様に首・下腹部・右膝に加速度センサーを装着し歩行から足が躓き、転倒時の加速度の変化計測を行った。加速度センサーはサンプリング周期 5[ms]である。加速度を計測する方向は、Fig. 1 に示す様に直立位状態における左右方向 (x 方向)・上下方向 (y 方向)・前後方向 (z 方向) とし、被験者の姿勢に対して相対的な座標とした。

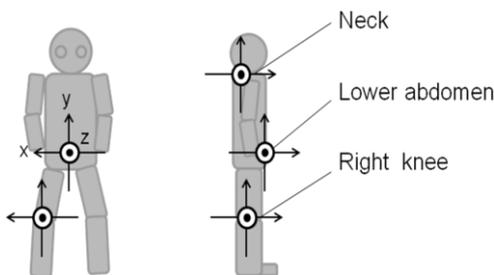


Fig. 1 Sensor position and coordinates

転倒実験では、被験者の両足先に紐を結び、安全マット上である5mの直線路を歩行するよう教示を行った。実験者はランダムで後方から左右どちらかの紐を止める事で、被験者の足先は紐に当たりバランスを崩し、躓き転倒させる事とした。実験には5名の被験者とした。1名につ

き、右足躓き転倒4回、左足躓き転倒4回、計8回の測定を行い、測定結果より転倒開始時の加速度の平均化を行い、算出した平均値を Fall Sign として転倒開始の検知を行った。

3. 実験結果

右足が躓き転倒状態に移る際の3秒から4秒までの各部位センサーの加速度を Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4 に一例として示す。この時、約3.5秒前に転倒を始めている。

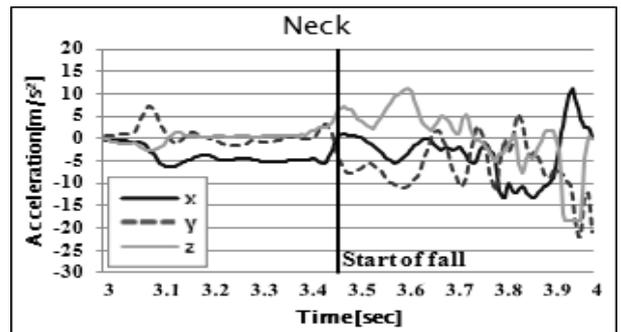


Fig. 2 Acceleration of neck

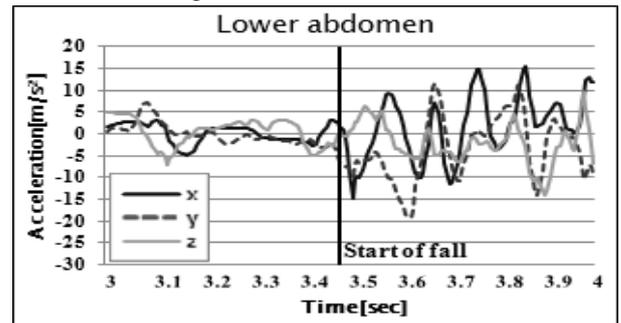


Fig. 3 Acceleration of Lower abdomen

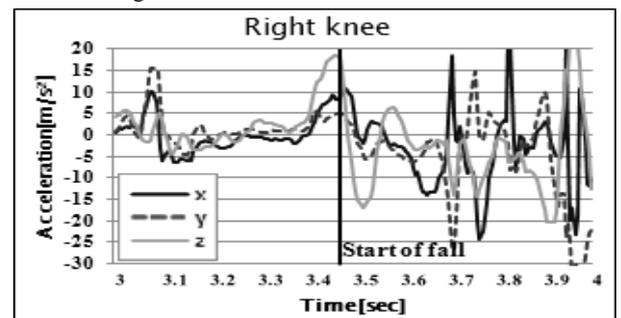


Fig. 4 Acceleration of Right knee

転倒開始時に検出した加速度を各部位で平均化を行った、その結果を Table 1 に示す。

Table 1 Average acceleration

Sensor position	Axis	Average acceleration and standard deviation at the time of a walk	Average acceleration and standard deviation of fall from a right leg	Average acceleration and standard deviation of fall from a left leg
Neck	X	0.460 ± 1.055	1.121 ± 0.925	0.438 ± 1.777
	Y	-1.811 ± 0.642	-4.617 ± 0.969	-4.688 ± 0.885
	Z	0.402 ± 0.954	4.895 ± 0.992	5.479 ± 1.339
Lower abdomen	X	-0.603 ± 1.131	0.041 ± 1.133	-2.225 ± 2.417
	Y	-0.661 ± 0.503	-6.522 ± 1.965	-7.605 ± 1.481
	Z	0.441 ± 1.220	-1.247 ± 1.943	-0.848 ± 2.287
Right knee	X	-0.651 ± 1.372	2.548 ± 1.781	-0.655 ± 1.719
	Y	-1.322 ± 2.239	-4.002 ± 4.757	1.701 ± 4.332
	Z	-3.727 ± 3.020	-6.871 ± 3.801	4.645 ± 2.692

Table 1 より最も顕著である首のデータに着目し、Fig. 5 の様に首の y 軸（上下）方向の加速度が $-4.6[m/s^2]$ を Fall Sign とし、この値を出力すると転倒の可能性があると決定し、転倒開始の検知を行った。その結果、計測数 40 回中 35 回は転倒開始近辺で検知行う事ができ、検知率は 87.5% となった。12.5% の検知に失敗した理由として歩行速度が速い際に躓くと転倒開始時に前方向に大きく加速度変化が見られ、上下方向にはあまり変化していないことが要因であった。

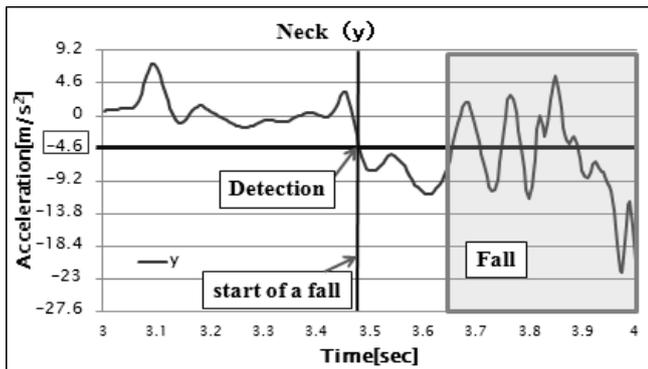


Fig. 5 Fall Sign y

次に Fig. 6 の様に首の z 軸（前後）方向の加速度が $+4.89[m/s^2]$ を Fall Sign とし、この値を出力すると転倒の可能性があると決定し、転倒開始の検知を行った。その結果、計測数 40 回中 31 回は転倒開始近辺で検知行う事ができ、検知率は 77.5% となった。22.5% の検知に失敗した理由として歩行速度が遅い際に躓くと転倒開始時に上下方向に大きな加速度変化が見られ、前後方向にはあまり変化していないことが要因であった。

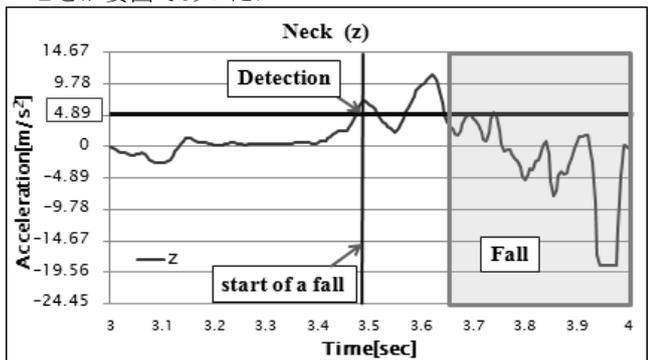


Fig. 6 Fall Sign z

次に Fig. 7 の様に首の y 軸（上下）方向の加速度が $-4.6[m/s^2]$ 、もしくは首の z 軸（前後）方向の加速度が $+4.89[m/s^2]$ を Fall Sign とし、どちらかの値を出力すると転倒の可能性があると決し、転倒開始の検知を行った。その結果、計測数 40 回中 38 回は転倒開始近辺で検知行う事ができ、検知率は 95% となった。5% の検知に失敗した理由として転倒開始時に加速度変化が見られたが、Fall Sign の値に達していない事が要因であった。

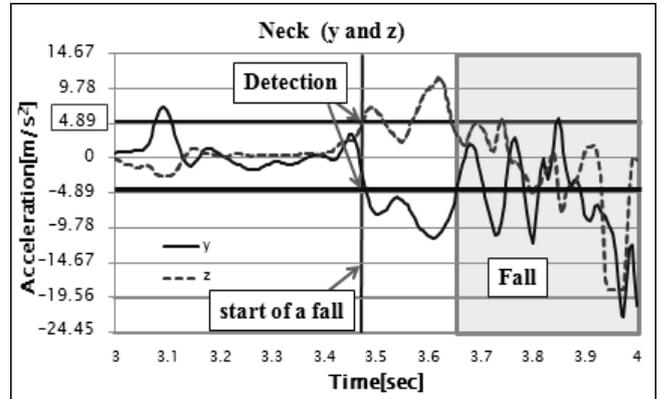


Fig. 7 Fall Sign y and z

4. 考察

首のデータの Fall Sign から 95% の確率で転倒開始を検知でき有効性を確認できた

不検知と判断した 5% は転倒開始時に加速度変化が見られたが、Fall Sign の値に達していない為、Fall Sign を低めに設定する事で解決できると考えられる。しかし、階段をのぼる動作などでも転倒と検知してしまう可能性がある為、今後、検証する必要がある。

5. 結言

本研究では身体の各部位から転倒開始時の加速度を測定し、測定データより Fall Sign を決定し、転倒開始の検知を行った。その結果、95% の精度で転倒開始を検知が行う事ができた。しかし、階段をのぼる動作などでも転倒と検知してしまう可能性がある為、今後、階段をのぼる動作などを誤検知しないか実験を行い、結果より下方向と前方向の加速度変化を組み合わせ、さらに検知精度の高い Fall Sign を定める。

参考文献

- (1) 武藤芳照：転倒予防医学百科，日本医事新報社，2-6，60-63,2008.
- (2) 郭輝，牛凱軍：太極拳及びカンフー体操を取り入れた転倒予防トレーニングの 体力低下高齢者の体力に及ぼす効果の検証：従来型転倒予防トレーニングとの比較，体力科学, vol.56, pp.241-256, 2007.