

人体の衝突・転倒時の損傷評価について (転倒条件による損傷パラメータへの影響)

Injury Criteria by Human Collision and Fall -Effects of Fall Conditions on Injury Parameters-

○ 玉川雅章(九工大), 松浦弘幸(長寿セ), 中野正博(純真学大),
行正徹(産医大), 山中真(純真学大), 久保田正美(JARI)

Masaaki TAMAGAWA*1, Hiroyuki MATSUURA*2, Masahiro NAKANO*3,
Toru YUKIMASA*4, Makoto YAMANAKA*3, and Masami KUBOTA*5

*1 Graduate School of Life Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology,
Hibikino 2-4, Wakamatsu-ku, Kitakyushu 808-0196, Japan

*2 Department of Gerontology, National Center for Geriatrics and Gerontology

*3 Department of Health and Medicine, Jyunshin Gakuen University

*4 Faculty of Medicine, University of Occupational and Environmental Health

*5 Japan Automobile Research Institute (JARI)

Abstract: This paper describes studies to understand the fundamental mechanism of the collision and fall induced human injury by using dummy in the experiment. In our dummy experiments, the dummy on the cart is collided by the other dummy and fallen on the floor. It is concluded that the injury criteria was effected by the initial position and pose of dummy, HIC (Head Injury Criteria) decrease under the safety area with helmet in all cases of these dummy experiments.

Key Words: Impact, Fall, Impact Biomechanics, Dummy, HIC

1. はじめに

高齢化社会を迎えるにあたって、介助のための乗り物や補助器具等を使用する機会が増え、これにより高齢者のQOL(Quality of Life)の向上が図られつつある。しかし一方では、このような福祉機器の利用時の事故により、高齢者や病院患者の安全が確保されにくくなっていることも現状である。具体的には、単独の転倒、手押し車等を押している最中での転倒、他の人との衝突による転倒などにより、頭部や胸部、腰部などの傷害が多くなっている⁽¹⁾。このような観点から、福祉機器の生活支援時の事故、特に日常生活の中で多発する衝突や転倒での傷害の機構解明を行うことは、これらの機器開発においては大変重要であると考えられる。一方で、今後の高齢社会を支える機器・器械の普遍的安全性基準の策定も、機器開発においては必要となる。一般的に知られた自動車の衝突の場合は、衝突や転倒の際の安全性基準(損傷基準)としてよく利用されるのが、HIC(Head Impact Criteria)⁽²⁾である。ダミー(人体模型)による加速度や力の計測によって、頭部:HIC=1000(HIC36の場合、20%程度の損傷)、胸部:加速度60G以下、変位60mm以下がそれぞれの安全基準とされている。また、他の多くの部位に関する安全性基準も提案されている。先の機器開発の安全性評価に対応するためには、これらの自動車衝突の際の安全基準も参考としつつ、福祉機器使用時の人体の衝突・転倒を支配する物理的現象を把握する必要がある。これまでに、衝突・転倒の質点系の解析については松浦⁽⁴⁾らによって報告されているが、一部機構力学的解析における内容も報告⁽⁵⁾しているが、本報においては、台に乗った人に他の人が衝突し、その際に転倒するケースを想定し、日本自動車研究所(JARI)で行われたダミー実験による解析を行い、転倒環境のダミー各部位での影響や評価量への影響を調べる。

2. ダミーによる衝突・転倒実験

ダミーは、米国成人の小柄な女性体格(全体の分布では5%の値)のHybrid-III AF05を用いている。本研究では、このダミー(ダミー-A)を衝突・転倒時の解析対象とする。また、このダミー-Aに衝突させるダミー(ダミー-B)としては、米国成人の男性の平均的な体格のHybrid-III AM50を用いる。

立位で搭乗する台(床面より高さ15cm)を福祉機器に見立て、転倒実験では、ダミー(ダミー-A)が受けた衝撃の際に加速度(頭部、胸部、腰部)、変位(胸部)、力およびモーメント(首、大腿骨、脛骨)を取得することとした。本研究では、(I)ダミー-Aが立位状態から静止転倒する場合(Fig.1(a))、(II)ダミー-Aが台に立位で乗った状態から静止転倒する場合(Fig.1(b))、(III)ダミー-Aが台に立位で乗った状態にダミー-Bが衝突した場合(Fig.1(c))の3通りのケースについて検討した。なお、転倒する床面の材質はリノリウムの結果のみを示す。また、簡単のため、静止中のダミー-Aにダミー-Bが正面から速度5km/hで衝突する時(正面衝突)のみの結果を示す。

3. 結果と考察

3-1 ヘルメット有無による頭部の力学的作用への影響

Fig.2に、ケース(I)、すなわち立位からの静止転倒の時にヘルメットの着用の有無による転倒時の頭部での加速度履歴を示す。この図から明らかなのは、頭部への最大加速度値がおおよそ25%程度に低減できることがわかる。また、ヘルメットを着けた方は、頭部に1回目の衝撃(加速度)を受けた後、1回目の20%程度の2回目の加速度が計測されている。これは、ヘルメットによって最初の衝撃力を緩和するためにヘルメットの変形が大きく、結果、頭部の跳ね返りを起こしたためと考えられる。

3-2 衝突および台の転倒への影響

衝突・転倒時の条件（ケースⅠ，Ⅲ）による各部位の加速度履歴のうち、ヘルメット無のものを Fig.3(a)(b)に示す。この2つの図から明らかなのは、いずれのケースにおいても、頭部よりも胸部や腰部が先に加速度が大きくなっている、すなわち、床に衝突していることがわかる。これは、ダミーの初期の姿勢にもよるが、胸部や腰部よりも、頭部の方が正面側(x方向)に出ているため、その結果、衝突が胸部または腰部からなることが推察される。次にケース（Ⅰ）（Ⅲ）のそれぞれについて着目すれば、特にケース（Ⅰ）の静止転倒に対してケース（Ⅲ）の衝突後の台から転倒では、衝突によってダミーの姿勢が変化し、胸部と腰部の床への衝突の時刻も大きくばらついてしまうことが明らかにわかる。つまり、接地順序が異なるため、それぞれの衝撃エネルギー吸収量も変化し、各部位での損傷評価に影響を受けることが予測される。HICの各ケースでの比較結果は紙面の関係上省略するが、ヘルメット装着により、転倒ケースによらず、HICが400以内に収まること、ヘルメット未装着の場合は、一番小さいことが予測される静止転倒の場合で2250と高い値となっているがわかった。

4.結論

本報においては、台に搭乗している人に他の人が衝突・転倒するケースを想定し、ダミー実験による解析を行い、ダミー部位の初期の姿勢や衝突により転倒時の接地する順序が変化し各部位の傷害評価に影響を及ぼすことがわかった。今後は、各部位での評価量の検討、衝突の形態による違いなどを調べる予定である。

謝辞

本研究は、「NEDO 生活支援ロボット実用化プロジェクト」

研究開発項目⑤”安全技術を導入した搭乗型生活支援ロボットの開発”，同プロジェクト研究開発項目①”生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発”によって行われた。また、ダミー試験に関しては、日本自動車研究所(JARI)の小口誠博士と安全研究部のスタッフのサポートによって行われた。

参考文献

- (1) DeGoede, K.M, Ashton-Miller, J.A, Shultz, A.B: Fall-related upper body injuries in the older adult: A review of the biomechanical issues, Journal of Biomechanics, Vol.36., pp.1043-1053, 2003.
- (2) Kim K.J., Ashton-Miller, J.A.: Biomechanics of fall arrest using the upper extremity: age differences, Clinical Biomechanics, Vol.18, pp.311-318, 2003
- (3) Supplement: Development of Improved Injury Criteria for the Assessment of Advanced, Automotive Restraint Systems - II, National Highway Traffic Safety Administration, 2000
- (4) 松浦弘幸, 伊藤安海, 根本哲也, 西井匠, 久保田怜, 中野正博, 玉川雅章: 力学的人体損傷に関する基礎研究-1 (日常的空間における機械と人の共存リスクの見積もり), バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 13-2, pp.53-62, 2011
- (5) 玉川雅章, 松浦弘幸, 中野正博, 行正徹, 山中真, 久保田正美: 人体の衝突・転倒時の安全評価に関する基礎的研究 (第1報 ダミーの衝突・転倒実験による現象の把握), バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 13-2, pp.97-104, 2011

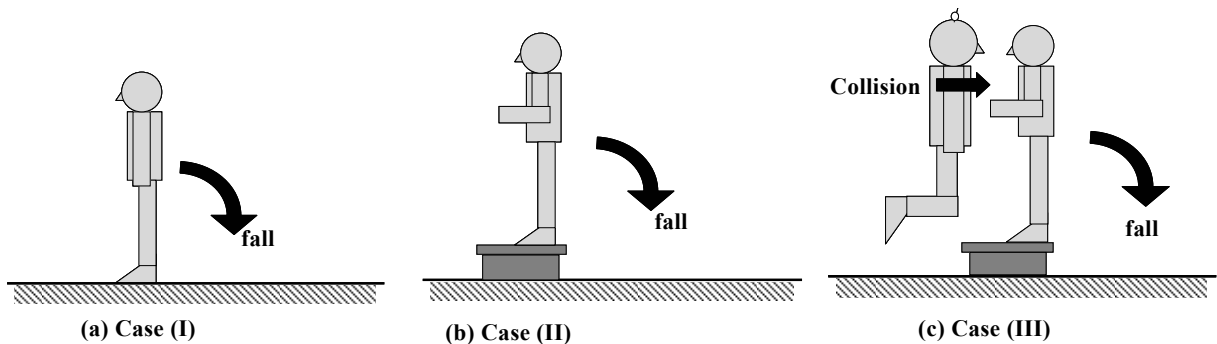


Fig.1 Experimental model for collision and fall

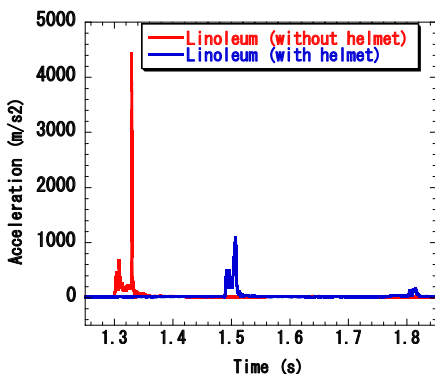


Fig.2 Acceleration history with and without helmet

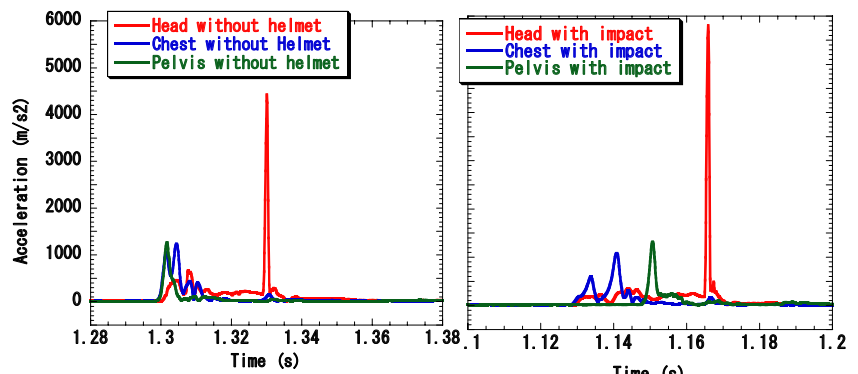


Fig.3 Acceleration history at head, chest and pelvis in the three cases