

ロボット介護機器のリスクアセスメントのための高齢者の転倒時死亡確率および骨折確率の推定

Estimation of Injury by Falling of Elderly People
for Risk Assessment of Robotic Devices for Nursing Care

松本 光司 *1 藤川 達夫 *2 浅野 陽一 *2
Koji MATSUMOTO Tatsuo FUJIKAWA Yoichi ASANO

Abstract

Risk assessment is an essential process in the development of robotic devices for nursing care. In the risk assessment, risk levels are estimated according to the probability and severity of harm caused by hazardous events, but this is difficult since the devices have not been sufficiently circulated to obtain sample incident data. Therefore, Focus is placed on falls of users, especially of elderly users, related to the use of robotic devices since falls are thought to be a typical hazardous event. Probabilities of death and bone fracture were estimated by analysing data published in Japan and U.S..

1. 緒言

高齢化の進行に伴い、高齢者の自立支援、介護実施者の負担軽減のニーズが高まっており、その手段としてロボット技術を取り入れた介護機器の開発が盛んに行われている。ロボット介護機器の開発においてリスクアセスメントは重要な開発プロセスの一つとなっている。リスクアセスメントを行った結果、許容できないリスクに対して、保護方策を行い、リスクを低減する必要がある。リスクの見積もりは、危険事象の発生確率と危害の酷さにより算定するが、危害の主な対象と考えられる高齢者に関して、危険事象に対する危害の酷さについて、指標となるデータが少ない。また、ロボット介護機器はまだ使用例が少なく、その事故事例についても情報が少ない。そのため、リスクの最適な見積もりができないことにより、過度な見積もりによる過剰な保護方策や過小な見積も

りによる危険事象の発生が懸念される。そこで本研究では、機器が原因となる危害として重要と考えられる高齢者の転倒について調査することとした。過去の研究では、高齢者の転倒や転倒による骨折のメカニズム、高齢者の部位別の骨折割合について研究されてきた^{1)~3)}。しかし、これらの研究結果では、リスクアセスメントに必要な危険事象と危害の発生確率を推定することは難しい。そこで、公開されている複数のデータを分析し、転倒による危害のうち、危害レベルの高い死亡と骨折の発生確率をまとめ、転倒直前の姿勢と危害の関係について調査した。

2. 高齢者の転倒

2.1 高齢者による死亡

転倒による危害として最も危害レベルの高い死亡について分析した。高齢者の転倒による死亡者数は、厚生労働省が行っている人口動態調査の「不慮の事故の種類別にみた年齢別死亡数」で明らかにされている。平成26年の調査結果⁴⁾から、「転倒・転落」による高齢者の死者数は、6,853人であ

*1 一般財団法人日本自動車研究所 ロボットプロジェクト推進室

*2 一般財団法人日本自動車研究所 ロボットプロジェクト推進室 博士(工学)

* 本資料は各著作権規則に基づく 第34回日本ロボット学会学術講演会2016 RSJ2016AC1Z3-03 の転載である

る。このうち、本研究の対象となる「スリップ、つまづき及びよろめきによる同一平面上での転倒」は5,146人である。

転倒による死亡率は式(1)により求めることができる。しかし、高齢者の転倒人数を調べることは難しい。そこで、分母を式(2)のように変更し、転倒率を用いて死亡率を推定することとした。

$$\text{転倒による死亡率} = \frac{\text{転倒による死者数}}{\text{高齢者の転倒人数}} \quad (1)$$

$$\text{転倒による死亡率} = \frac{\text{転倒による死者数}}{\text{高齢者人口} \times \text{転倒率}} \quad (2)$$

2.1.1 分析方法

転倒率を推定するために、転倒に関する調査結果をもとに分析した。分析には、内閣府が行った「高齢社会対策に関する調査」⁵⁾の中で、平成12、17、22年に行った「高齢者の住宅と生活環境に関する調査」の結果を用いた。この調査では、全国の60歳以上の男女を対象に、調査員による面接聴取法により、住宅や生活環境について調査を行っている。本研究では、その調査結果のうち、屋内・屋外での転倒について行った調査結果を用いた。また、本研究では高齢者を対象としているため、65歳以上のデータを用いて分析した。

この調査では、転倒に関する回答項目が、「1年間に一度も転んだことはない」「1年間に1度転んだ」「1年間に何度も転んだ」の3つある。「1年間に何度も転んだ」と回答した人が何回転んだかは不明である。そこで、本研究では、その人数を「1年間に1度転んだ」と回答した人数と合計して、年間に少なくとも1回転倒した人数を求めた。そのため、本研究で求めた転倒率は式(3)に示すように、年間に少なくとも1回転倒した割合となる。

$$\text{転倒率} = \frac{\text{1年間に1度以上転倒した人数}}{\text{調査人数}} \quad (3)$$

表1 屋内での転倒人数

	回答数	転倒人数
平成22年	1488	164
平成17年	1404	167
平成12年	1691	241
合計	4,583	572

表2 屋外での転倒人数

	回答数	転倒人数
平成22年	1488	147
平成17年	1404	169
平成12年	1691	211
合計	4,583	528

2.1.2 転倒率および死亡率

屋内での転倒について、3年分のデータを表1に示す。このデータから屋内の転倒率は12.5%と推定される。また、屋外での転倒について、3年分のデータを表2に示す。このデータから屋外の転倒率は11.5%と推定され、屋内外での転倒率に大きな差はない。両者の合計から求めた屋内外の転倒率は、12%を式(2)に代入する。

さらに平成26年度の人口統計によれば高齢者人口は、3,286万人である。また前述のとおり、平面上での転倒による死亡者数は5,146人である。これらの値を式(2)に代入することで、転倒による死亡率は0.1%と推定される。

2.2 転倒による骨折

次に転倒による骨折について調査した。骨折率についても、2.1と同様に「高齢者の住宅と生活環境に関する調査」を用いて分析した。この調査では、1年間に1度以上転倒した人を対象に、けがの有無やどのような怪我をしたかを複数回答で調査している。この調査の回答項目のうち、平成12年の調査では、「骨を折った」と回答した数を、平成17、22年の調査では、「上半身の骨を折った」または「下半身（腰の骨を含む）の骨を折った」に回答した数を合計した回答数を、骨折した人数として用いた。また、2.1.1で述べたように、1年間に複数回転倒した回数は不明である。そこで、式4に示すように、1年間に1回以上転倒した人数

を用いて骨折率を推定した。各年度の調査結果をもとに、集計したものを表3に示す。この結果から骨折率は11.5%と推定される。

$$\text{骨折率} = \frac{\text{骨折した人数}}{\text{1年間に1回以上転倒した人数}} \quad (4)$$

表3 転倒人数と骨折人数

	転倒人数	骨折人数
平成22年	164	17
平成17年	167	22
平成12年	241	37
合計	572	76

2.3 部位別の骨折率

以上の分析により骨折率が推定されたが、骨折する箇所では危害レベルは異なる。そのため、部位ごとの骨折率について調査し、分析した。

2.3.1 分析方法

この調査では、本研究で対象としている平面での転倒による骨折事例について調査するために、高齢者の事故情報データベースとして、NEISS（全米電子傷病サーベイランスシステム）を利用した。このデータベースは、全米に5000ある病院の中から96病院を抽出し、消費者製品由来の傷病患者データを収集している。記載内容は、年齢、性別、体重、負傷部位、治療状況、事故場所、診断、関連製品、事故状況である。

調査対象は、2014年に起きた転倒・転落事故事例から高齢者（65歳以上）が対象となった事例35,929件を抽出し、その中から事故状況について記載された事例925件について詳細分析した。分析方法は、データにある負傷部位の項目から、部位ごとに分類し、事故状況の記載内容から危害の種類別に集計した。また、階段・梯子などからの転落事例は除いた。

負傷部位は頭部、顔、頸部、肩、上腕、前腕、手、体幹、腰、大腿部、膝、下腿、足首、足の13項目に分類して集計した。事故状況の記述に記載されていた負傷部位を示す言葉には幅があり、統

一した記載にはなっていないため以下のように分類した。

- ・頭部 : 頭
- ・顔 : 眉、目、鼻、頬、上顎、唇、顎
- ・肩 : 上腕骨頸部
- ・上腕 : 上腕、肘
- ・前腕 : 橈骨、尺骨、手首
- ・手 : 手、指
- ・体幹 : 肋骨、胸椎
- ・腰 : 骨盤、仙骨、尾骨、腰椎
- ・大腿部 : 大腿骨、大腿骨頸部、股関節
- ・膝 : 膝
- ・下腿 : 脛骨、下腿
- ・足首 : 足首
- ・足 : 足

2.3.2 調査結果

調査したNEISSの事例925件のデータには、頭部骨折はなく、多くが「頭部外傷」と記述されている。頭部外傷には、頭部外傷、頭蓋骨骨折、脳挫傷、脳振盪、外傷性くも膜下出血などが含まれるため、詳細な危害の分類ができなかった。しかし、調査対象の925件以外のデータには、「頭蓋骨骨折」と記載されている事例も見られる。また、文献³⁾では高齢者の部位別骨折割合から、頭蓋骨・顔面骨が2.7%と低い。以上のことから、頭部骨折は近似的に0件として、各部位の骨折割合を求めた。

各部位の骨折件数とその割合を表4に示す。その結果、大腿骨26.5%、体幹14.7%、上腕12.3%、前腕9.0%、腰8.5%となった。

表4 各部位の骨折割合（頭部を除く）

	骨折件数	割合
頭部	0	0.0%
顔	13	6.2%
頸部	7	3.3%
肩	15	7.1%
上腕	26	12.3%
前腕	19	9.0%
手	4	1.9%
体幹	31	14.7%
腰	18	8.5%
大腿部	56	26.5%
膝	5	2.4%
下腿	10	4.7%
足首	1	0.5%
足	6	2.8%
合計	211	100.0%

2.4 転倒による危害まとめ

転倒による危害と死亡、骨折および部位別骨折の発生確率を図1にまとめた。部位別の骨折率は、前述の式(4)で求めた骨折率と、表4で示した部位別の骨折割合を掛けあわせて求めた。転倒による骨折は、全体の約1割で発生していて、その多くが大腿骨骨折である。高齢者の大腿骨骨折は、その後の健康状態や生活状況に与える影響が大きい。そのため、リスクとして考慮する必要がある。なお、転倒による危害として、死亡、骨折以外に裂傷、挫傷、疼痛、けがなし等が考えられるが、これらの発生確率については、データがないため、その推定は今後の課題とした。

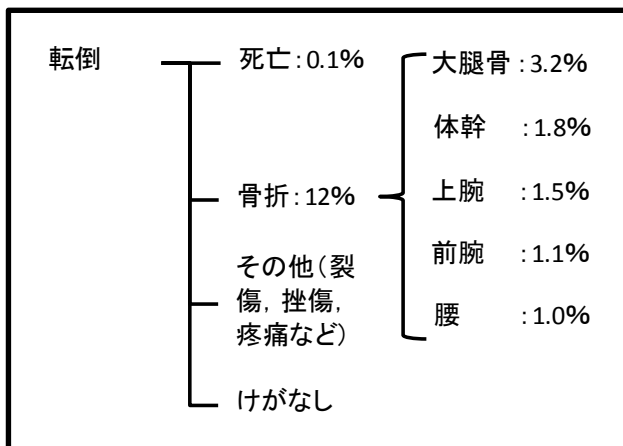


図1 転倒による危害とその発生確率

3. 転倒姿勢と危害

ロボット介護機器にはさまざまなタイプの機器があるため、機器使用中に多様な姿勢から転倒する可能性がある。そこで、転倒直前の姿勢と危害の酷さについてどのような関係にあるのか調査した。

調査対象は 2.2 で用いた NEISS のデータを利用した。分析方法は、各事故データに含まれる事故状況の記述内容をもとに、直前の姿勢が読み取れる事故データを、立位と座位の2つに分類した。そして、診断結果から危害の種類別に集計した。集計した危害の種類別の割合を図 2, 3 に示す。この集計では、2.2 で述べたように頭部に関する詳細な危害の種類が分からないため、頭部の危害は除いた。

■骨折 ■裂傷 ■挫傷 ■疼痛 ■その他

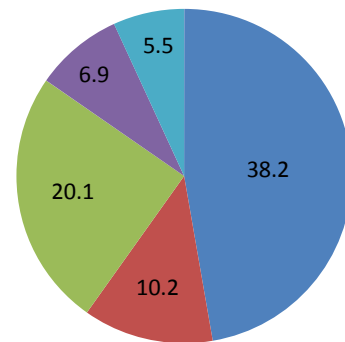


図2 立位から転倒した時の危害

■骨折 ■裂傷 ■挫傷 ■疼痛 ■その他

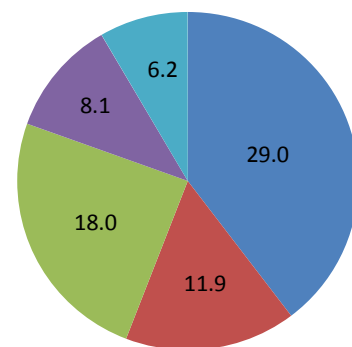


図3 座位から転倒した時の危害

図 2, 3 を比較すると、座位から転倒した場合の方が、骨折の割合は低く、裂傷と疼痛の割合が増加していることが分かる。ただし、座位から転倒した場合でも、骨折が 3 割と多い。そのため、リスクアセスメントにおいて、座位からの転倒でも骨折を想定する必要があると思われる。

4. 考察

4.1 類似の他の報告との比較

これまで高齢者の転倒に関する調査はいくつか報告されている。転倒率について、施設利用者を対象とした鈴川等の調査⁶⁾では、25.3%と報告されている。本研究の調査結果とは10%以上の差が生じている。これは、調査対象となる高齢者の健康状態により生じているものと考えられる。本研究で用いた調査データ⁵⁾の対象者の属性を表 5, 6 に示す。表 5 から、94%が介護認定を受けていないことが分かり、表 6 から、95%が介助なしに一人で外出できる歩行能力があることが分かる。それに対して、鈴川等の調査では、表 7 に示すように、施設利用者を対象としているため、42%が要介護 3 以上であり、大きく異なる。

4.2 類似の他の報告との比較

本研究で求めた転倒率や骨折率のもととなる調査データには、ヒアリングによる調査のため、人の記憶の誤りによる誤差を含んでいると考えられる。

また、本研究で求めた骨折率は、転倒 1 回当たりの骨折率ではなく、1 人当たりの骨折率である。これは転倒を経験した人の転倒回数が、年間 1 回と仮定して計算した結果と同様である。実際の転倒数は複数回あると考えられるため、本研究で求めた骨折率は、転倒 1 回あたりの骨折率より高い値となっていると考えられる。

表 5 調査対象とした内閣府の資料における介護認定状況（平成 22 年）⁵⁾

	総数	認定を申請していない	認定を申請中	認定申請したが、「非該当」と認定された	要支援1
平成22年	2,062	1,939	5	1	23
	100%	94%	0.2%	0%	1.1%
	要支援2	要介護1	要介護2	要介護3	
平成22年	24	17	13	7	
	1.2%	0.8%	0.6%	0.3%	
	要介護4	要介護5	認定されているが、要介護度は分からない	わからない	
平成22年	4	3	20	6	
	0.2%	0.1%	1%	0.3%	

表 6 調査対象とした内閣府の資料における歩行状況（平成 17, 22 年）⁵⁾

	総数	交通機関などを利用して一人で外出出来る	隣近所へなら一人で外出できる	屋内は一人で歩けるが外出は介助がいる
平成22年	2062	1847	120	54
平成17年	1886	1640	150	49
	屋内はつえ、歩行器を用いたり介助があれば歩ける	屋内で車いすを使う	1日中ベッドの上で過ごす	分からない/無回答
平成22年	20	5	7	9
平成17年	22	8	9	8

表 7. 鈴川等⁶⁾の調査対象

介護度[人(%)]			
	男性	女性	合計
要支援1	101(3.9)	348(6.0)	449(5.39)
要支援2	180(7.0)	612(10.6)	792(9.5)
要介護1	462(18.0)	1,198(20.8)	1,660(19.9)
要介護2	616(24.0)	1,277(22.2)	1,893(22.7)
要介護3	582(22.6)	1,121(19.4)	1,703(20.43)
要介護4	417(16.2)	803(13.9)	1,220(14.6)
要介護5	212(8.2)	406(7.0)	618(7.4)

4.3 姿勢ごとの骨折率

姿勢と危害の関係について調査したが、姿勢と危害別の発生確率を求めることは、NEISS のデータからは転倒姿勢ごとの母数を求めることができないため、推定することができなかった。

5 今後の課題

転倒の事故状況の事例やヒアリング調査のデータの多くは、転倒を直接観察したものではなく、転倒後の状況や対象者の記憶を記録したものである。転倒直前の姿勢と危害について分析するには、どのような姿勢であったか詳細に知ることが重要となるが、これらの調査結果から知ることは難しい。そこで、今後は立位や座位姿勢による転倒時の危害について、定量的な評価として、人体ダミー等を用いた計測により、検証を行う。

また、本研究で死亡と骨折に着目して分析を行ったが、米国のデータベースでは、頭部を怪我した事例が最も多く、その多くが頭部外傷であった。今後は頭部の傷害についてさらに調査する必要がある

謝辞

本稿は、日本医療研究開発機構「ロボット介護機器開発・導入促進事業」の研究開発の成果にもとづいている。

参考文献

- 1) 牧川方昭, 塩澤成弘, 岡田志麻: “高齢者の転倒と大腿骨骨折のバイオメカニクス”, 日本セーフティプロモーション学会誌, vol. 6, 2013.
- 2) 安村誠司: “高齢者の転倒と骨折”, 高齢者の転倒とその対策, pp40-45, 医歯薬出版, 1999
- 3) 村松容子, “年齢別の骨折部位と治療期間”, ニッセイ基礎研レター, ニッセイ基礎研究所, 2013
- 4) “人口動態調査”, 厚生労働省, 平成 26 年, [http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei14/\(2015.6\)](http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei14/(2015.6))
- 5) “高齢者の住宅と生活環境に関する意識調査”, 高齢社会対策に関する調査, 平成 12, 17, 22 年, 内閣府: [http://www8.cao.go.jp/kourei/ishiki/kenkyu.html\(2015.6\)](http://www8.cao.go.jp/kourei/ishiki/kenkyu.html(2015.6))
- 6) 鈴川芽久美, 島田裕之, 牧迫飛雄馬: “要介護高齢者における転倒と骨折の発生状況”日老医誌, vol. 46: 334-340, 2009 基礎研レター, ニッセイ基礎研究所, 2013