

在宅高齢者の転倒実態調査に基づく転倒プロセスのモデル化 — 文京区・横浜市・柏市を対象とした調査研究 —

Modeling of Fall-Process Based on Actual Conditions of Falls
for the Elderly Living in Their Residence
- A Qualitative Study in Bunkyo Ward, Yokohama City and Kashiwa City -

○今枝秀二郎*¹、内山瑛美子*²、田中友規*³、谷口紗貴子*⁴、金ギョンミン*¹、
長木美緒*⁵、高田遼介*⁶、三浦貴大*⁷、孫輔卿*⁸、西野亜希子*⁹、
田中敏明*¹⁰、飯島勝矢*¹¹、西出和彦*¹²、大月敏雄*¹²

IMAEDA Shujirou, UCHIYAMA Emiko, TANAKA Tomoki, TANIGUCHI Sakiko, KIM Kyoungmin,
CHOKI Mio, TAKADA Ryosuke, MIURA Takahiro, SON Bokyoung, NISHINO Akiko,
TANAKA Toshiaki, IJIMA Katsuya, NISHIDE Kazuhiko, OTSUKI Toshio

The final objectives of this study are to create a mechanical and systematic model of falls through classification of fall types and to propose the effective architectural measures that can prevent elderly from falling, because falls of the elderly are the most severe problem for them. In three residential districts, door to door interview surveys were conducted for the elderly aged over fifty years old living in their house by asking when and how they fell. The total number of their falls was forty-four times in twenty-five participants. These cases are classified into six fall types, and there are eighteen fall modes. Our result has revealed that mechanism of falls and acquired the fall models which can briefly explain transition process of falls. The series of models can be useful to prevent seniors' falls and how the elderly continue to live in their house.

キーワード：転倒、在宅高齢者、地域、転倒の仕方、転倒時力学モデル、転倒時モード

Keywords: Falls, the Elderly Living in Their House, Residential District, Fall Type,
Mechanical Model on Fall, Fall Mode

1. 序論

1.1 研究の背景

高齢者の身体能力が低下する要因の 1 つに、転倒による怪我がある。高齢者の 1 年間の転倒発生率は 10 ~ 30%^{1,1), 1.2), 注1}である他、一度転倒した高齢者のうち約半数が複数回の転倒を経験している^{1.3)}。さらに「転倒・骨折」は脳血管疾患や認知症とともに要介護者となる 3 大要因の 1 つとなっており、転倒予防^{注2}が介護予防の重要な課題となっている^{1.4)}。

高齢化が進み平均寿命が伸びる中、自宅での療養を望

む人が増えている一方で独居率も高くなっている。家族や友人が近居をしていない単身高齢者の場合、転倒して動けなくなった際に発見される手段がなく、最悪の場合は直接的には命に関わらない軽い転倒が引き金となって、死に至る可能性もある。さらに問題となるのは、怪我をしなかった場合でも転倒に対する恐怖感が生じ、外出頻度が低下することである。

このように高齢期の転倒は、生活範囲の縮小など高齢者の生活の質にも直接影響し、様々な問題と複合的に関わる。超高齢社会の日本における重要な課題となっている。

-
- *¹ 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻，博士課程，修士（工学） Ph.D. Student, Grad. School of Eng., UTokyo, M. Eng.
*² 東京大学大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻，博士課程，修士（情報理工学） Ph.D. Student, Grad. School of IST, UTokyo, M. Info. Sci. & Tech.
*³ 東京大学大学院医学系研究科加齢医学専攻，博士課程，修士（健康マネジメント学） Ph.D. Student, Grad. School of Med., UTokyo, M. Health Management
*⁴ 東京大学大学院農学生命科学研究科獣医学専攻，博士課程，学士（獣医学） Ph.D. Student, Grad. School of Agri. & Life Sci., UTokyo, B. Veterinary Sciences
*⁵ 元東京大学大学院工学系研究科建築学専攻修士課程，修士（工学） ex-Grad. School of Eng., UTokyo, M. Eng.
*⁶ 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻，修士課程，学士（工学） Master course Student, Grad. School of Eng., UTokyo, B. Eng.
*⁷ 東京大学高齢社会総合研究機構，特任助教，博士（情報理工学） Project Assistant Prof., IOG, UTokyo, Ph.D. Info. Sci. & Tech.
*⁸ 東京大学高齢社会総合研究機構，特任助教，博士（医学） Project Assistant Prof., IOG, UTokyo, Ph.D. Med.
*⁹ 東京大学高齢社会総合研究機構，特任助教，博士（工学） Project Assistant Prof., IOG, UTokyo, Ph.D. Eng.
*¹⁰ 東京大学高齢社会総合研究機構，特任教授，博士（工学） Project Prof., IOG, UTokyo, Ph.D. Eng.
*¹¹ 東京大学高齢社会総合研究機構，教授，博士（医学） Prof., IOG, UTokyo, Ph.D. Med.
*¹² 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻，教授，博士（工学） Prof., Grad. School of Eng., UTokyo, Ph.D. Eng.

1.2 研究目的

以上のように高齢期の転倒は外出抑制や寝たきりなどの生活の変化に繋がる原因となる他、入院や手術を伴う怪我の場合は住み慣れた地域での自立した居住継続を阻害する要因にもなりうる。しかし転倒に至るプロセスや転倒の直接的な原因となる環境的・建築的な要因については明らかにされていない点が多く、特に自宅や地域という生活全体における転倒予防について体系的に述べた研究はない^{注3}。本研究の目的は在宅高齢者の転倒事例から自宅や地域で発生する転倒実態を明らかにするとともに、転倒の仕方の分類とそのプロセスのモデル化を行なうことである。

1.3 転倒の定義

「転倒」は研究によって示す範囲が異なり、統一的な見解は存在しない。特に「転倒」と「転落」の区別は論文ごとに異なる。そこで既往研究^{1.5), 1.6)}を基に本研究における転倒・転落を表1のように定義するとともに、研究対象を転倒に限ることとする。

表1 転倒・転落の定義

用語	定義
転倒	受傷の有無に関係なく、本人の意志によらずに何らかの原因によって腰より下の平面へ倒れ込むこと。
転落	受傷の有無に関係なく、本人の意志によらずに何らかの原因によって腰より下の平面へ落下すること。ただし、その一連の動作中に身体がどこにも触れていない場合とする。

1.4 研究計画と研究方法

本研究では、東京大学高齢社会総合研究機構が2013年度に実施した転倒経験のある在宅高齢者に対する質問紙調査^{1.7), 1.8)}を基に転倒経験者の抽出し、インタビュー・実測調査を行なった。表2に研究計画と手法を示す。

表2 研究計画と研究方法

手順	研究・調査内容	研究方法	調査場所
1	調査対象者の抽出	2013年度の質問紙調査の分析	青葉区、文京区、柏市
2	転倒の実態把握	自宅訪問調査(インタビュー及び実測調査)	青葉区、文京区、柏市
3	転倒パターンの分類	自宅訪問調査の分析	青葉区、文京区
4	転倒パターンの検証	自宅訪問調査の分析	柏市
5	転倒プロセスのモデル化	3地域の調査結果の分析	青葉区、文京区、柏市

2. 転倒に対する各分野からのアプローチ

2.1 概要

第1章で見たように、転倒には様々な要因が関わっている。高齢者の転倒リスクとしては主に身体疾患や服薬状況、加齢変化を中心とした身体的要因である内的因子と、物的環境の外的因子の2つが挙げられる。内的因子に関しては医学系の研究のうち、特に理学療法における研究が数多くある。一方で外的因子に関する研究では、建築構造や床材といった環境に関する研究、建築計画による在宅や施設を中心とした研究が多い。また、両分野を横断した研究も見られる。

本章では、医学系と工学系の分野を中心として、日本において転倒がどのように研究されてきたかについてまとめることで、本研究の位置づけを示す。

2.2 老年医学や理学療法、整形外科などの医学系研究

転倒はそもそも高齢者のみに起こる問題ではなく、全ての世代で生じる現象である。しかし若年層ではそれほど問題にならない転倒も、高齢者では怪我や骨折を引き起こすことで、寝たきりや外出抑制などの大きな生活変化をもたらす可能性が高くなる。この主たる原因は、加齢に伴う身体機能などの低下である。医学系では高齢者の内的因子を中心とした研究が数多く存在するが、その扱いにはコンセンサスがなく文献により様々である。例えば、先に挙げた内的因子及び外的因子の分類においても、鈴木(2003)は転倒に関わる内的因子として「身体的疾患」、「薬物」、「加齢変化」の3つを挙げる^{2.1)}が、角田ら(2008)は、同じ内的要因(=内的因子^{注4)}を「運動要因」、「感覚要因」、「高次脳機能要因」、「心理要因」の4つに分類した上で、薬物要因に関しては外的要因に分類している^{2.2)}。日本老年医学会では転倒に関わる内的要因を、1. めまいや失神、2. せん妄や錯乱、3. 歩行障害、4. 廃用障害、5. 視力障害、6. 酩酊、7. 薬物の使用(睡眠薬、向精神薬、抗ヒスタミン薬、降圧薬、血糖降下薬など)の7つとしている^{2.3)}。

さらに、高齢になるに従って様々な疾患を身体に抱えることで、入院したり薬物の使用が増加し上記の要因を複数抱える場合も多くある。

ここで、医学系の転倒に対するアプローチを転倒前後の時系列を踏まえ、以下の図1に示すように「A. 転倒前」、「B. 転倒直後(数日以内)」、「C. 転倒直後(数週間以内)」、「D. 転倒後」の4つに分類して整理する。

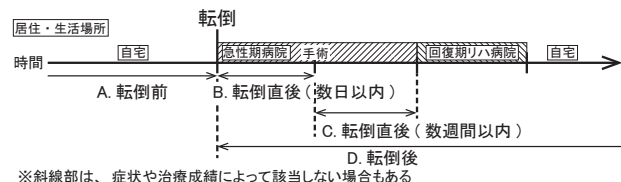


図1 転倒に関する時系列と高齢者の生活場所の変遷

A. 転倒前

例えば老年医学の研究は、老年期にみられる疾患を中心としているため、高齢者における発生率が高い転倒・骨折も研究対象となる。フレイルやロコモティブ・シンドロームといった高齢者特有の症状を示す概念からも分かる通り、年齢の上昇に伴う身体機能低下を扱うため、転倒前の「予防^{注5)}」も重要となる。個人や集団のデータから転倒のリスクファクターを同定し、転倒の原因となる病態を分類したり^{2.1), 2.2)}、転倒経験や転倒後に生じる恐怖感と転倒予防に対する意識変化の調査を行なったりする^{2.4), 2.5)}他、フレイルやロコモ等の用語の普及に見られるように市民への啓蒙を行なうこともある^{2.6)}。また、転倒後のリハビリテーションにおいて行われる運動療法は、日常生活への復帰とともに

次の転倒を予防する意味合いを持つ。より身体的な機能に着目した研究は、バイオメカニズム^{注6}の分野に見られる。感覚と動的立位バランス^{2.7)}、ある動作に対する身体動揺と関節にかかるモーメントの解析^{2.8)}といった感覚や動作に関する研究のほか、ある転倒が引き起こす骨折のメカニズム^{2.9)}、転倒リスクやその評価に関する研究^{2.10)、2.11)、2.12)、2.13)}、転倒予防そのものの研究^{2.14)}も行われている。転倒発生時の姿勢制御や歩行状態、重心移動等の調査によってつまずきや滑りといった特定の転倒を扱う研究は多くある^{2.16)、2.17)、2.18)}ものの、そもそもの転倒の仕方自体を定義する研究は、定義の必要性に言及した大淵(2003)による研究^{2.18)}の他、長谷川ら(2013)によるつまずきによる転倒を間接的に定義した研究^{2.19)}を除くとほとんど見られない。

B. 転倒直後(数日以内)

整形外科や救命救急において、転倒・骨折は多くを占めている。東京消防庁の救急搬送データによると、事故種別の8割が「ころぶ事故」であり、そのうち入院が必要なものは4割ほどとなっている^{2.20)}。

特に大腿骨近位部の骨折は寝たきりや歩行困難になるリスクが高く、多くの場合において手術による早期治癒を目指す^{注6}。臨床研究では、これらの骨折の種類に対していかなる治療方法を取るかが重要な課題であり、すでに多くの研究がなされている^{2.21)、2.22)、2.23)}。このような性質上、臨床研究においては転倒前の状況に関する研究はなく、転倒直後の救急搬送後の診断に始まり、骨折の部位や種類、治療方法の検討及び治療成績が主となる。場合によっては、治療経過観察中の2次骨折の事例報告もあり^{2.24)}、症例数の積み重ねや統計分析が重要であることが分かる。

C. 転倒後(数週間以内)

ここでは急性期から回復期にかけてのリハビリテーション(以下リハビリ)が重要となる。入院を伴う骨折の中で特に重症度の高い場合には、リハビリ内容が退院後の高齢者の生活に大きく影響する。リハビリには理学療法、作業療法、言語療法がある。「基本動作能力の再獲得とADL^{引用者注8}の向上を図り、活動性を増加させることで患者の生活能力を向上させ、在宅復帰と社会復帰を目指す」^{2.25)}理学療法士の専門性が活かされるのが、歩行能力の向上である。作業療法の役割の1つには、「患者の生活の再構築に必要な日常生活の活動度を早期に向上させる」^{2.25)}ことがあり、指先を使った動作といった様々な動作の支援を行なうが、特に転倒に関わるのは、ベッド-車椅子の移乗やトイレ動作である。言語療法では脳障害や認知機能障害をもっている患者の支援を行なうが、転倒に関しては「高次機能障害の障害像やその程度を総合的に判断し」^{2.25)}

転倒リスクの予測や対策を講じる。

既往研究の中で特に多く見られるのは理学療法の分野で、重心移動とバランスに関する研究^{2.26)、2.27)}の他、頭部回旋・荷物所持が転倒に与える影響^{2.28)、2.29)、2.30)}、ある転倒の動作解析^{2.31)}、既往疾患と歩行能力の関連についての研究^{2.32)}がある。地域や施設における多数の転倒の症例データを集めた統計解析等の量的調査の他、シミュレーションや被験者に対する実測を含む質的研究も行われる。

D. 転倒後(直後から完治後も含む)

看護学では、転倒直後から自宅退院後まで幅広く見ることがある。地域における研究では、1年間の転倒経験とその後の身体変化の研究^{2.33)}や、生活環境・習慣と転倒に関する研究^{2.34)}の他、24年の追跡調査を行なった研究^{2.35)}がある。施設内では、転倒経験がある高齢者の転倒予防の研究^{2.36)}、転倒後のケアに関する研究^{2.37)}がある。また、リハビリの分野でも、数年にわたるの入院患者の事例の分析による院内転倒予防の研究^{2.38)}が見られる。

その他、スキー等の転倒時の行動を中心にその外傷を扱った研究がある^{2.39)、2.40)}。

2.3 建築学などを中心とした工学系研究

外的因子に関わるものを、以下のように分類した。

- A. 環境工学：構造・材料・構法の分野における床材と転倒との関係
- B. 人間工学：転倒の動作や住宅内の手すりや斜面、段差の研究
- C. 建築計画：高齢者施設や医療施設

本項では、この3つの項目に関して年代順に説明する。

A. 環境工学

建築において転倒に関する研究が最初に行われたのは、1968年の山田、後藤によるもの^{2.41)}である。テーマは「建物内部における転倒傷害防止」であり、対象は高齢者に限らず、建築の中で重症度が高くなる転倒を防止するため、転倒した際の衝撃がどのように発生するかを考察したものである。興味深いのは、この研究においては摩擦による擦り傷を重要視しており、こすり試験機を製作した上で仕上げ構法の検討を行なっている点である。ここでは、転倒を「すべる」と「つまづく_[マ]^{注9}」の2通りに分類している。

その後1980年代前半には小野らによって転倒と床の硬さに関する研究が行われているが、こちらも高齢者を対象としたものではない^{2.42)、2.43)、2.44)}。特に2.44)は学校体育館の床材を対象とした研究であり、当時は高齢者以上に子供の転倒も問題視されていたことが分かる。

1980年代後半からは、転倒による頭部衝撃をテーマとした研究が複数行われ^{2.45)、2.46)、2.47)}、これらは遠藤、宇野に

よる転倒姿勢に関連した研究 (2.45) と、直井らによる床材、床構法に関連する研究 ((2.46)、(2.47)) に分けられる。

2000年代になると人口の高齢化とともに家庭内事故の増加が問題となり、その中でも死亡者の多い転倒・転落（及び溺水）事故について気象要素と都市的環境要因の関連を研究した事例が見られる（上坂ら、2003）^{2.48)}。この研究は名古屋市の救急搬送データを用いたもので、5年分の記録を基にしている。他にも気象をテーマとして扱ったものには、気象条件による高齢者の身体活動の変化から転倒が発生しやすい条件を考察している研究（青柳ら、2004年）^{2.49)}がある他、残りは全て雪国での転倒に関するものである（田村ら、2004他）^{2.50)、2.51)、2.52)、2.53)}。

2000年代後半からは床材がより具体的なものとなり、木質フローリング床と頭部衝撃緩衝効果に関するもの（富田ら、2007）^{2.54)}、浴室床に関するもの（永田ら、2008他）^{2.55)、2.56)、2.57)、2.58)、2.59)}があるが、ほとんどが高齢者を対象としたもので、摩擦に関する研究であった。複数の床仕上げ材を用いて転倒時の安全性以外に軽量床衝撃音遮断性能や歩行感覚評価を行なった研究がある（長島ら、2011）^{2.60)}。2010年代からは、床材の研究が高齢者施設内での事例調査が中心となる。これについては、Cで述べる。

B. 人間工学

Aの環境工学では、転倒した場合の身体に発生する負担や衝撃、怪我の程度の軽減に関する研究が主であったが、人間工学では、転倒の際の動作を中心としている。この分野の研究は環境工学よりも後に始まり、1990年の永田によって行われた立位姿勢の対象者に急加速刺激を加える研究^{2.61)}が最初と考えられる。同様の研究は1996年及び1998年にも同氏らによって行われている^{2.62)、2.63)}が、1990年の研究が高齢者の転倒を意識していたのに対して、後年の2つの研究は、列車事故において乗客が受ける衝撃についての実験であり、研究主旨は異なる。2000年代からは転倒と動作を関連付けた研究が見られ、2000年に住吉らによって行われたつまずきの動作解析^{2.64)}、2004年には加藤、直井らによる手すりの分類と手すりにかかる転倒時の人の荷重を計測した研究^{2.65)}、2010年の斎藤、村木によるまたぎ動作の解析^{2.66)}がある。履物に関する研究も人間工学で扱われるが、これは次節で整理する。さらに、車椅子の転倒に言及したものとして1996年の井上らによる研究^{2.67)}、2004年の深谷による研究^{2.68)}、2014年の三林らによる研究^{2.69)}が発表されている他、佐賀らによる二重課題条件下における歩行統制の研究^{2.70)、2.71)}が2013、2014年に、福井らによる斜面における重心動揺の研究^{2.72)}が2014年に見られるように、研究対象が広がっている。

C. 建築計画

建築計画の関連研究は、施設内の転倒事例調査が主である。施設内での転倒の調査自体は(2.41)でも見たように当初から行われてきたが、Aで述べた通り、初期は建築の安全性として床材や構法に関連付けた研究が多かった。研究手法では統計学的手法を用いた研究と、実態調査として事例収集した研究の2種類に分けられるが、ここでは建築計画に関わるものを調査対象場所で分類する。

まず医療施設における研究としては、複数の医療機関における転倒事故の実態調査^{2.73)}や、転倒が多い病室におけるトイレの配置に関する研究^{2.74)、2.75)}がある。次に高齢者施設では、施設内の事故の実態調査^{2.76)}、移動の安全に関する複数施設での調査^{2.77)}、認知症高齢者に対する施設内での転倒防止の研究^{2.78)}、建物構造や床材と転倒の安全性を考慮した三浦らによる一連の研究^{2.79)、2.80)、2.81)、2.82)}がある。そして住宅では、日常生活の事故の1つとして転倒、転落、墜落、溺水を統計的に扱い比較した研究^{2.83)}の他、団地に居住する高齢者の生活調査^{2.84)}、自宅での転倒背景の調査^{2.85)}、疾患がある場合の転倒^{2.86)}、住宅内での転倒場所と状況の調査^{2.87)}がある。このうち、(2.85)は自宅訪問調査によって転倒の背景を明らかにしている点で、(2.87)は高齢者の聞き取り調査を行っている点で本研究に近いものである。最後に、施設ではなく地域で行われた研究としては、転倒の発生頻度や実態を調査した研究が複数あるが、全てアンケート式の調査で、統計的手法によって解析されている^{2.88)、2.89)、2.90)、2.91)}。

2.4 その他多視点による研究

研究によっては、医学や工学といった1分野ではなく、複数の専門家が共同して研究を行なった事例もある。そのような研究では、外的因子と内的因子の両方を考慮している場合が多く、例えば先に上げた(2.85)では、老年看護と建築の専門家が共同している。また、(2.74)や(2.75)では看護の立場から患者のタイプ分けを行なった上で、転倒の物的対策を建築学の視点から考察している。

その他複数分野での共同ではないものの、建築から医学の分野に踏み込んだ研究として、段差や斜路における身体への負担を考慮した小野による研究^{2.92)}があるほか、逆の立場としては医学系で外的因子である履物について考察した研究が複数ある^{2.93)、2.94)、2.95)}。本章では、以上のような2分野に跨がる研究を多視点型の研究と呼ぶ。

2.5 本研究の位置づけ

本研究は建築的な外敵因子に関する考察を主としながらも、今まで画一的に捉えられてきた「転倒」そのものの現象を、医学的な視点に近く内的因子が関わる「動作」によ

て細かく分析する。このように、建築の分野である外的因子^{注10}について深く掘り下げながら、同時に医学的な内的因子の側面については医師や理学療法士の考察を踏まえ、多視点型研究の発展型としての分野横断型の研究を目指す。図2に、今までまとめた既往研究の概要と本研究の目指す位置づけを示す。

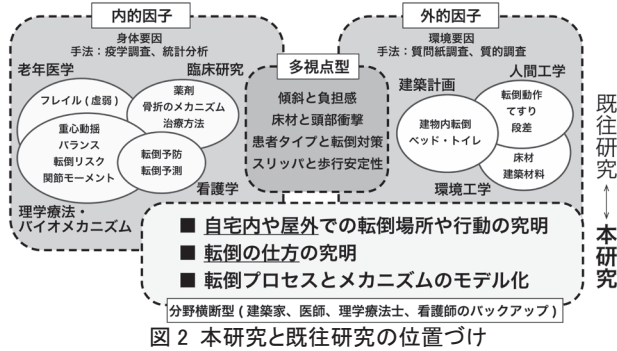


図2 本研究と既往研究の位置づけ

3. 自宅訪問調査による転倒実態の調査

3.1 調査地選定の経緯と地域特性

2013年度に実施した転倒経験者を対象とする質問紙調査においては、転倒場所の住環境が転倒実態に与える影響を考慮し、居住環境が異なる地域として神奈川県横浜市青葉区(以下青葉区と表記)、東京都文京区、千葉県柏市の3地域^{注11}を選定した。

3.2 調査対象者の抽出

質問紙の回答結果より、転倒経験者から条件を絞った自宅訪問調査の対象者を抽出した(図3)。ここで転倒による怪我の経験者を条件に加えているのは、以下の2点による。

- 1、怪我をした転倒経験者には、転倒の前後で生活の変化が見られると推測される。
- 2、重症度の高い転倒経験者は、フレイルの状態が複数回の転倒を経験している場合があるため、より多くの転倒事例が収集できるとともに、転倒を繰り返すプロセスについても分析が可能であると考えられる。したがって調査対象者の抽出は骨折(ひびを含む)の経験者を優先させているものの、骨折経験者に限定しているわけではない。

なお文京区のみ調査対象が50歳以上であるのは、自宅訪問の調査が可能な調査対象者を確保するためである。

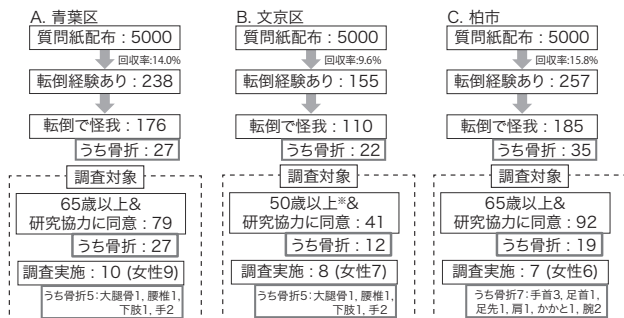


図3 調査対象者の抽出

3.3 調査結果概要

表3に訪問調査の結果の概要を示す。

表3 調査結果概要

地区	期間	調査協力者 ^{※1,2}	戸建住宅居住者	骨折経験者	複数転倒経験者	全転倒経験回数	調査時独居
青葉区	2015年12月	10名(1名)	10名	5名	3名	15回(1回)	0名
文京区	2015年1-2月	8名(1名)	6名	5名	5名(1名)	19回(3回)	2名
柏市	2016年12月	7名(1名)	3名	7名	3名	10回(1回)	1名

※1: 文京区、横浜市内は夫婦1組を含む ※2: ()内は男性の回数 ※調査対象者の抽出は、質問紙の骨折者を中心に電話で行なった

4. 転倒メカニズムのモデル化

4.1 転倒の仕方の抽出(青葉区、文京区の結果より)

青葉区と文京区の自宅訪問調査で得られた18名のべ34回の結果から、転倒パターンの抽出を試みた。まず、調査時に得た転倒を表す用語を整理すると概ね「滑る」、「ずり落ちる」、「引っかかる」、「つまずく」、「踏み外す」、「バランスを崩す」、「ふらつく」の7つであった。これらに対し、転倒要因となり得る力を整理したものが表4である。さらに、それぞれのインタビュー結果で得られた転倒状況を元に、以下のA~Fの6種類の転倒の仕方に分類した^{注12}。

表4 転倒に関する語と発生しうる力学的要因

動作の有無		転び方					
		引っかかる	つまずく	踏み外す	滑る	ずり落ちる	バランスを崩す
動作の有無	あり	○	○	○	○	○	○
	なし	-	-	-	-	-	-
重心移動の方向	動作なで想定される事例	-	-	-	○	○	○
	進行方向と進行方向に	○	○	○	○	○	○
	進行方向に対して後方向	○	○	○	○	○	○
	進行方向に対して反対方向	○	○	○	○	○	○
	前進下向き方向(進行方向に対して垂直)	○	○	○	○	○	○
足に対してかかる荷重(外力)	あり	進行方向後向き	進行方向後向き	前進方向(外力がある場合)	-	-	-
なし	○	-	ない場合もある	○	○	○	
外力の有無	あり	あり	あり	なし	なし	あり/なし	なし
段差に特有	○(段差に関係しないものもある)	○(段差に関係しないものもある)	○	-	-	-	-
進行方向に対して	進行方向に対して	進行方向に対して	進行方向に対して	進行方向に対して	進行方向に対して	進行方向に対して	進行方向に対して
転倒時に生じる加速度の方向	進行方向に対して反対方向	進行方向に対して反対方向	進行方向に対して反対方向	下	下	下	下

○は該当するもの、-は理論上文献上存在が確認できないもの、空欄は該当するものがないか特定ができないもの。※は本研究で事例はないが、既往研究から存在が確認できるものを表す

A つまずき

つまずきは、足先が段差や地面にふれ、進行方向と反対向きの力を受けることで生じる。段差・障害物の有無から3通りに分類できる。この他進行方向の前足・後ろ足でつまずく場合の2通りが考えられるが、本人も記憶が無いことが多く、ほとんどが不明であるため分析には加えない。

B 踏み外し

踏み外しは、段差に起因して生じるが、実際に段差が存在する場合と存在しない場合があり、さらに本人の認識としての段差の存在の有無を加え4通りに分類できる。

C 滑り

滑りは、地面との摩擦が何らかの状況によって減少し本人の意志よりも早く、または本人の意志とは異なる方向に重心が移動して生じる。既往研究^{4.1)}を考慮し、路面状況とその他(履物が原因の場合等)の2通りに分類する。

D 外力による転倒

Dは人にぶつかるなど外力が加えられる場合と、支えていた力が失われる場合があり、それぞれに家具に起因する場合とその他の場合があるため4通りに分類可能である。

E ずり落ち

ずり落ちは、座位の状態から重心を支えている力を失う場合に発生すると定義できる。既往研究^{4,2)}より、車椅子やキャスター付きの椅子が動いてしまう場合など本人が移動していない時でも発生すると考えられる。

F ふらつき (外力によらない転倒)

D の外力による転倒に対応し、外から力を加えられずに生じる転倒である。原因としてはめまいや立ちくらみの他、既往研究から脳疾患による意識障害等を考慮しなければならない。その他としては、立ち上がり時に膝の関節に力が入らない等が考えられるため、全部で3通りとなる。

以上の細分化した転倒状態の分類を転倒時モードとし、青葉区と文京区の結果とともに表5にまとめる。さらにこの6種類を人体モデル^{注14)}によりモデル化した(図4)。

表5 転倒時モード

転倒の仕方	転倒の直接的な原因	転倒の直接・間接的原因	転倒時モード	件数			
				青葉区	文京区	小計	合計
A つまずき	段差あり	-	A (1)	4	5	9	10
		障害物あり	A (2)	1	-	1	
	段差なし	障害物なし	A (3)	-	-	-	
B 踏み外し	段差あり(実際)	段差あり(本人の意識)	B (1)	-	1	1	6
		段差なし(本人の意識)	B (2)	5	-	5	
	段差なし(実際)	段差あり(本人の意識)	B (3)	-	-	-	
		段差なし(本人の意識)	B (4)	-	-	-	
C 滑り	地面の状況	-	C (1)	-	1	1	2
		その他	C (2)	1	-	1	
D 外力による転倒	外力を加えられる	家具	D (1)	-	1	1	4
		その他	D (2)	1	-	1	
	外力を失う	家具	D (3)	-	1	1	
		その他	D (4)	1	-	1	
E ずり落ち	移動中に発生	-	E (1)	-	3	3	3
		移動中でない	E (2)	-	-	-	
F ふらつき(外力によらない転倒)	めまい・立ちくらみ	-	F (1)	-	-	-	2
		脳の疾患	F (2)	-	-	-	
		その他	F (3)	1	1	2	

27 (残り7件は状況不明のため分類不可)

図4では、転倒時に重心に働く力の向きと種類、及び転倒時直前の動作の有無で分類した結果、転倒時モード同士の関係性が整理された。青葉区と文京区的全転倒事例34件のうち、27件は表5に示したように転倒時モードが一意的に定まる。残りの7件は、酩酊や失神によって詳細な転倒状況が不明か推測の域を出ない事例であった。さらに複数回の転倒経験者8名中、初回転倒が骨折で、2回目以降が骨折以外の打撲や捻挫、脱臼等の怪我であ

る事例が4名見られ、「複数回転倒経験者で骨折を経験している場合、初回が重症となるが、次回以降では初回に比べて怪我が軽くなる傾向にある」という転倒仮説が示唆された^{注15)}。理由としては、初回の転倒によって生活に影響を及ぼす大きな怪我をすることで、行動範囲が狭くなったり転倒に気をつけるようになることが考えられる。

4.2 転倒の仕方の分類と仮説の検証 (柏市の結果より)

2地域でのサンプリングで転倒の仕方を分類するモデルが仮説的に得られたが、柏市の調査結果よりその有効性を確認した。柏市の全10件の転倒事例を図4の転倒時力学モデルにより分析すると、9例が表5の転倒時モードに分類できることが確認できた(表6)。残りの1例は、F→Aという転倒時モードが連続で発生した複合モデルであると分かった(表7)。この事例ではどちらが直接的原因かを判断することは困難で、両方が同時に生じていた。したがって、現段階で転倒時力学モデル及び転倒時モードは転倒の現象を記述する上で十分に有効性をもっているが、連続で起こる複合パターンについても考慮して今後本モデルを精緻化していく必要がある。また前項の転倒仮説は柏市では支持されなかった。ただし、柏市では複数転倒経験者が2名であったため、さらなる検証が必要である。

表6 転倒時モード (柏市の結果より)

転倒の仕方	転倒の直接的な原因	転倒の直接・間接的原因	転倒時モード	件数			
				青葉区	文京区	柏市	小計
A つまずき	段差あり	-	A (1)	4	5	2	14
		障害物あり	A (2)	1	-	1	
	段差なし	障害物なし	A (3)	-	-	1	
B 踏み外し	段差あり(実際)	段差あり(本人の意識)	B (1)	-	1	-	6
		段差なし(本人の意識)	B (2)	5	-	-	
	段差なし(実際)	段差あり(本人の意識)	B (3)	-	-	-	
		段差なし(本人の意識)	B (4)	-	-	-	
C 滑り	地面の状況	-	C (1)	-	1	-	3
		その他	C (2)	1	-	1	
D 外力による転倒	外力を加えられる	家具	D (1)	-	1	-	7
		その他	D (2)	1	-	3	
	外力を失う	家具	D (3)	-	1	-	
		その他	D (4)	1	-	-	
E ずり落ち	移動中に発生	-	E (1)	-	3	-	3
		移動中でない	E (2)	-	-	-	
F ふらつき(外力によらない転倒)	めまい・立ちくらみ	-	F (1)	-	-	1	5
		脳の疾患	F (2)	-	-	1	
		その他	F (3)	1	1	1	

※ここでは、複合パターンはそれぞれ1回ずつカウントして(表の○部分)。
○:部は柏市ではじめて見られた事例を示す

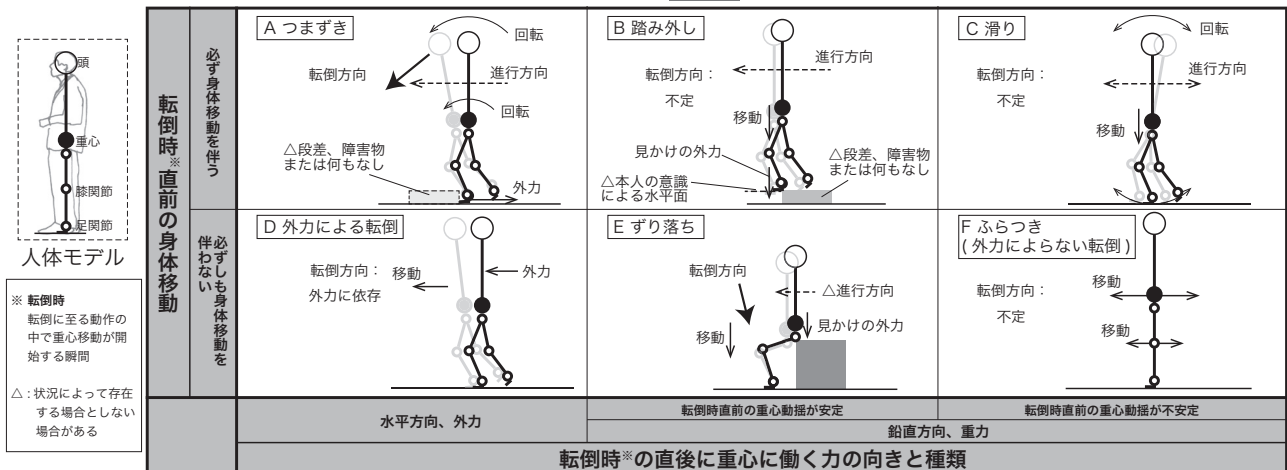


図4 転倒時の身体状況を表す転倒時力学モデル

表 7 柏市調査結果の 1 例 (複合モデル)

基本情報				転倒に関する項目													
No	転倒時年齢	男性	転倒時の住戸形態	転倒回数	骨折	生活の変化※1	怪我の箇所	入院期間	転倒場所分類	転倒場所	転倒の仕方	転倒時の行動	転倒時直前の動作	転倒の直接的原因	二重課題	段差	転倒時モード
44	85		集合住宅 (4階/5階)	3/3	-	-	-	-	住戸内	居間 (和室)	内力による転倒 + つまずき	居間を移動中	部屋の中を移動中	めまいを起し、ふらついた際にこたつに足を引っ掛けたが、こたつ上で回転し着地	×	×	F(2)+A(2)

※1: -は変化なし、△は恐怖感等心理的な変化、○は実際の生活行動に変化があったことを表す ※2: 転倒場所に対する慣れの有無を表す
 ※3: 段差や障害物等に気づかなかったことを表す ※4: 転倒時に身体の動きが意識についていかなかったことを表す(手が出なかった等)

4.3 転倒プロセスのモデル化

次に、時系列に沿ったプロセスとして転倒を表現する方法を考察する。転倒時の瞬間を示す力学モデルを転倒の時系列の中に置くことによって、転倒前後の原因と結果(転倒前行動と怪我)とどのように結びつくかが示されるとともに、転倒時力学モデルの有用性・有効性を可視化することが可能となる。そして一連の連続した現象としての転倒を説明するモデルとして役立つかどうかを、3地域の結果を用いて検証した。

転倒を時系列に沿って①転倒前行動、②転倒時、③転倒後の3つに分類する。①では3地域の結果で見られた転倒直前の行動を、概ね身体活動強度を表すMETs^{4.3)}を基準として並べている。ただしMETsは同じ動作や姿勢でも状況によって値が異なるため、一意的には定まらない。②では6つの転倒の仕方によって転倒時の動作を分類するとともに、転倒時に手を使用可否、二重課題条件の有無、飲酒と薬剤の影響の有無の4項目を考慮する。③では転倒後の怪我の有無や種類の他、平均在院日数を基準とした入院期間、転倒後の生活の変化を記録する。これらをまとめ図5に示す。チェックボックスの下部の記号を用いて、時系列に沿ったシナリオとして転倒メカニズムの表現が可能となる。例えば表7の事例No.44の場合「71-XF(2)A(2)1000-aP」となる(図5に記載)。

4.4 転倒に対する建築的な対策

全ての転倒時モードに対し、東京消防庁や既往研究による従来の転倒予防対策(表8、表9)と、自宅訪問調査の結果分析から提案できる建築的な対策及び転倒した場合の怪我の予防対策(表10)を示す。この結果より従来の対策では、物理的予防と身体的予防、及び転倒予防と怪我の予防がそれぞれ混同されていることと(表8の6、表9の5)、さらに18種類の転倒時モードのうち2/3にあたる12種類に対する予防策不足が判明した。

表 8 東京消防庁による転倒予防策^{4.4)}

対策の内容
1 段差をなくす
2 段差(段の先端部)を分かりやすくする
3 足元を十分に明るくする(足元灯・照明器具の設置など)
4 滑り止めをする(階段・廊下・玄関先など)
5 歩行を補助する(手すりなど)
6 継続できる、体力にあった運動をする(散歩など)
7 ころぶ原因となるものは取り除く(整理・整頓)

表 9 既往研究による転倒予防策^{4.5)}

転倒が予想される場所や転倒の仕方	対策
1 歩行時の体勢保持が重要	手すりが有効
2 体勢保持が難しい居間・寝室	家具の設置位置を工夫する等、高齢者が常に何かにつかまりながら歩行できる環境作り
3 足の滑り、小さな段差	建築面からの対策が可能
4 紙による滑りや電気コード敷物等のできた段差	(すべてを建築面から解決することは困難)
5 めまいなど身体的な要因が引き金となって発生する転倒	体にかかる衝撃を和らげる弾力性の大きい床材の使用が有効

表 10 転倒時モードと転倒予防の建築的対策

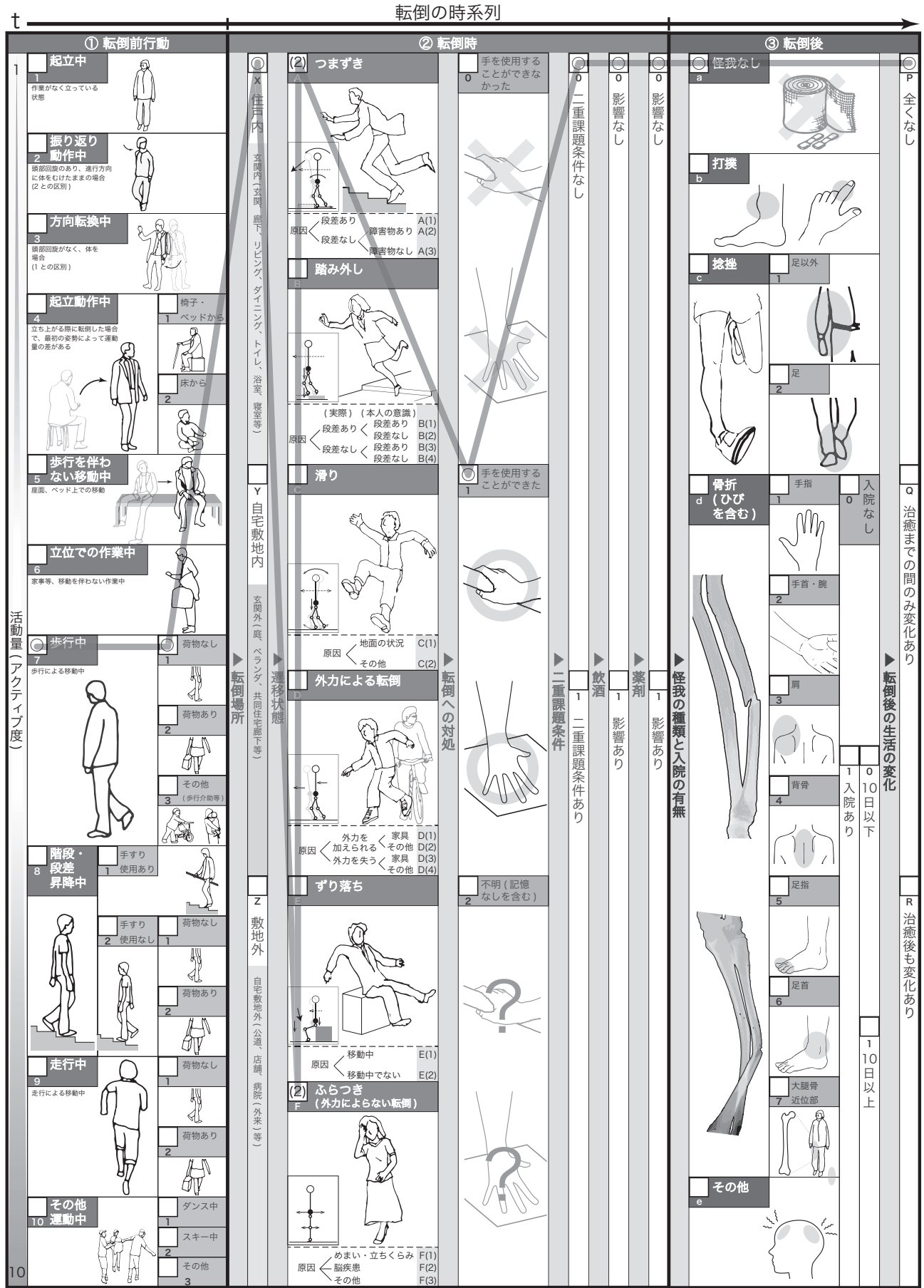
転倒の仕方	転倒時モード	件数※1 (全38件)	従来の対策※2	本研究より得られた建築的対策の提案※3		怪我の予防
				転倒予防	怪我の予防	
A つまずき	A (1)	11	○	可能な場合は段差の磨消や改修 不可能な場合は手すり等欄干ることのできるものを設置	転倒してからの環境を良くし、床材の考慮・転倒先確保の工夫	
	A (2)	2	○	障害物の片付け、自立つような工夫		
	A (3)	1	-	履物等を考慮、必要に応じて摩擦係数が適当な床材を選択、正しい段差の設置等		
B 踏み外し	B (1)	1	○	段差の最後の段や段差との境界を認識しやすい目立たせる工夫、照明の確保	建物の構造をなるべく変えずに	
	B (2)	5	-	段差がある間道に床の模様を採用		
	B (3)	-	-	段差がある間道に床の模様を採用		
	B (4)	-	-	段差がある間道に床の模様を採用		
C 滑り	C (1)	1	○	床面が滑らないような工夫、履物の考慮	建物の構造をなるべく変えずに	
	C (2)	2	-	床面が滑らないような工夫、履物の考慮		
D 外力による転倒	D (1)	1	-	衣服や身体が引っかかりやすい構造の解消 家具の転倒を防止	建物の構造をなるべく変えずに	
	D (2)	4	-	可能な場合外力を加える原因を除去		
	D (3)	1	-	家具の固定、滑りにくし移動しない工夫		
	D (4)	1	-	重量物が原因の場合、ロック付きのキャスターの使用等 動かしやすくする工夫		
E ずり落ち	E (1)	3	-	椅子やベッドの端の手すりの設置	建物の構造をなるべく変えずに	
	E (2)	-	-	椅子やベッド等を動かないよう固定、深く腰掛けられるような工夫		
F 内力による転倒	F (1)	1	-	普段の座位の姿勢を考慮(ユカ座やイス座等)	建物の構造をなるべく変えずに	
	F (2)	1	-	普段の座位の姿勢を考慮(ユカ座やイス座等)		
	F (3)	3	-	立ち上がり時に用いることのできる手すりなどの設置		

※1: 複合状況であるNo.44はのべ2回の転倒としてそれぞれ加えた ※2: ○は従来から対策が言及されていること、-は言及されていないことを示す ※3: 下線は従来の転倒予防策(参考文献では転倒防止策と横記)

5. 結論

神奈川県横浜市青葉区及び東京都文京区、千葉県柏市における在宅高齢者に対する自宅訪問調査から、自宅や地域での転倒実態を調査した。そして、青葉区と文京区の調査結果を用いて転倒の概念を6つの転倒の仕方に分類した転倒時力学モデルと、それをさらに細分化した転倒時モードを仮説的に得た上で、柏市の調査結果で検証し、両者が現実の転倒を表現する手段として充分有効であることを示した。そしてこれら転倒時モードと転倒時力学モデルを発展させ、3地域の結果をふまえて転倒時直前の動作から転倒後の怪我に至るまでを一連のシナリオとして可視化することで、複雑な転倒という現象を説明可能とするモデルを提示した。加えて、既往研究から従来行われてきた転倒予防対策の不足点を示すとともに、本研究で得られた転倒時モードに対してそれぞれ有効と考えられる転倒予防対策を提案した。

本研究の限界点としては、未知の転倒の仕方や転倒時モードの存在や、本論で得られた転倒予防対策の有効性が未検証であることが挙げられるが、さらに多くの転倒実態調査を行なうことで、議論を精緻化していく予定である。



※図中作図は全て筆者による。

図5 転倒のプロセスとシナリオ(No.44 記入例)

【謝辞】

本研究は、東京大学リーディングプログラム「活力ある超高齢社会を共創するグローバルリーダー養成プログラム (GLAFS)」によるフィールド共同研究演習の活動を基礎にしています。研究に際し様々な助言を頂きました IOG 教授大方潤一郎先生、調査・研究にご協力頂いた GLAFS 大学院生の松本博成氏、三木康平氏、吉田慎吾氏、森田光治良氏 (以上調査時)、Suthutvoravit Unyaporn 氏にも感謝致します。なお、本研究は JSPS 科研費 JP16KT0003, JP17J09295 の助成を受けたものです。本調査に協力して頂いた、横浜市及び文京区・柏市の住民の方々に深く感謝申し上げます。

【注釈】

注 1: 転倒発生率は転倒の定義や調査方法、調査対象者の居住場所によって異なる。参考 (1.1)、(1.2) によれば、地域在住高齢者の転倒発生率は概ね 10-20%、施設入居高齢者で約 30%となっている。

注 2: 参考文献 2.25) では、転倒予防と転倒防止について以下のように述べている。「転倒」予防と「転倒」防止という 2 つの用語がしばしば区別なく用いられるようであるが、「予防」はどちらかというと本人が内因性のリスクや外因性のリスクに対し主体的に取り組んで防ぐという立場が強調されるニュアンスであるのに対して、「防止」は、他者が主体的に関わり防ぐというニュアンスが強調される用語と筆者はとらえている」

注 3: 内転倒については、坂本らによる 2013 年の研究 (参考文献 2.87) 参照) がある。

注 4: 内的因子 / 内的要因の用語の使い分け: 本論において、筆者が本用語を用いる時は内的因子を、参考文献に用語の記載のある場合は内的要因を用いた。外的因子、物理的因子についても同様。

注 5: 本研究においては、転倒防止を含めて「転倒予防」という用語を用いるが、本章においては、参照した既往研究で「予防」と「防止」の区別がなされていない場合、基本的にそのまま引用している。

注 6: バイオメカニズム学会 HP によると、「(前略) 学問としてのバイオメカニズムは、その実体としての生物を工学・医学・生物学などの多面的な視点と方法論で解析するだけでなく(後略) とある。ここでは便宜上医学系研究に分類した。(バイオメカニズム学会 HP, バイオメカニズム学会とは、<http://sobim.jp/introduction/aboutus.html>, 2017.6.30 参照)

注 7: 年齢やその他の疾患によって全身麻酔や手術が厳しいと判断される場合は、経過観察もあり得る。

注 8: 日本老年医学会によれば、「日常生活活動度 (Activities of daily living; ADL) とは人が生活を送るために行う活動の能力のことである。」(日本老年医学会 HP, ADL の評価法, https://www.jpn-geriat-soc.or.jp/tool/tool_03.html, 2017.1.20 参照)

注 9: 漢字では「躓く」だが、読みは「つまずく」が正しい (小学館デジタル大辞泉より)。

注 10: 本研究では外的因子を物理的な環境要因に限り、薬物因子その他は内的因子とする。

注 11: それぞれ横浜市青葉区が戸建て住宅、柏市が集合住宅 (及び少数の戸建て住宅)、文京区が両者の混合 (店舗兼住宅等を含む) という地域特性を考慮し、選定された。

注 12: あくまで調査事例から得られた分類であり、これで全てを網羅しているわけではない。

注 13: 「段差が存在しない踏み外し」とは、階段昇降時の終わりにおいて、実際には段差が存在しないにも関わらず、段差があると勘違いして発生するような転倒を指す。

注 14: 転倒時を表す本モデルでは、上肢を単純化している (参考文献 8 より)。

注 15: 5 回中 4 回目までが骨折で最後が怪我なしである 1 名と、3 回全て骨折であるが、初回が大腿骨骨折で 2、3 回目が背骨の圧迫骨折である 1 名を加えると、転倒仮説に合致する事例は 6 名となる。残り 2 名は 2 回とも骨折を伴わない怪我である事例と、転倒・怪我の状況が不明な 1 例であった。

【参考文献】

- 1.1) 山田実: 高齢者のサルコペニアと転倒, 日本転倒予防学会誌, Vol.1, pp.5-9, 2014
- 1.2) 川上治, 加藤雄一郎, 太田壽城, 高齢者における転倒・骨折の疫学と予防, 日本老年医学会雑誌, Vol.43, No.1, pp.7-18, 2006
- 1.3) Laurence Z. Rubenstein and Karen R. Josephso: The epidemiology of falls and syncope, Clinics Geriatric Medicine, vol(18), 141-158, 2002
- 1.4) 鈴木裕之, 石田隆, 坂本宗樹, 田沼亮子, 大前主裕: 地域活動を通して考える転倒予防, 日本理学療法学会誌, pp. 0830, 2012
- 1.5) 大高洋平編: 回復期リハビリテーションの実践戦略 活動と転倒 リハ効果を最大にし、リスクを最小にし、医歯薬出版株式会社, 2016.5
- 1.6) 武藤芳照, 金子えり子: 高齢者の転倒予防の基本理念と実践, 神経治療, Vol.33, No.2, pp.240-244, 2016
- 1.7) Emiko Uchiyama, Hirohige Matsumoto, Marina Hamada, Mio Choki, Chie Suzuki, Yufei Fu, Akiko Nishino: Designing built environments to prevent falls, fall-related fractures, and post-fall home confinement, The Geological Society of America, Poster, 2015.11
- 1.8) Hirohige Matsumoto, Emiko Uchiyama, Shingo Yoshida, Kyoungmin KIM, Kouhei Miki, Bokyoung Son, Akiko NISHINO: Designing built environments to prevent falls, fall-related fractures, and post-fall home confinement, The Geological Society of America, Poster, 2015.11
- 2.1) 鈴木 隆雄: 転倒の疫学, 日本老年医学会雑誌, Vol. 2, pp. 85-94, 2003/03/25
- 2.2) 角田 亘, 安保雅博: 転倒をなくすために: 転倒の現状と予防対策, 東京慈恵会医科大学雑誌, Vol. 6, pp. 347-371, 2008
- 2.3) 日本老年医学会編: 健康長寿診療ハンドブック - 実地医家のための老年医学のエッセンス, 日本老年医学会, p.151, 2011
- 2.4) 金憲経, 吉田英世, 鈴木隆雄, 石崎達郎, 細井孝之, 山本精三, 折茂肇: 高齢者の転倒関連恐怖感と身体機能 転倒外来受診者について: 転倒外来受診者について, 日本老年医学会雑誌, Vol.6, pp.805-811, 2001
- 2.5) 平真紀子, 泉キヨ子, 河村一海, 加藤真由美, 丸山巳奈: 入院高齢者の転倒経験とその後の予防のとらえ方, 日本看護研究学会雑誌, Vol. 2, pp. 2.17-2.28, 2002
- 2.6) 日本整形外科学会ホームページ, <https://www.joa.or.jp/public/locomo/index.html>, 2017.1.16 参照
- 2.7) 田中敏明, 前田佑輔: 高齢者の感覚攪乱時に伴う動的立位バランス能力, バイオメカニズム学会誌, Vol. 4, pp. 205-210, 2015

2.8) 竹内弥彦, 下村義弘: 後方へのステップ着地時に不安定性を呈する高齢者の身体動揺と関節モーメント特性, バイオメカニズム学会誌, Vol. 2, pp. 101-107, 2015

2.9) 松本晃大, 平林智子, 田中英一, 村瀬晃平: しりもち転倒による大腿骨近位部骨折の骨折メカニズムに関する検討, バイオエンジニアリング講演会講演論文集, Vol. 27, pp. 469-470, 2015

2.10) 金憲経: 転倒リスクと歩行との関連, バイオメカニズム学会誌, Vol. 4, pp. 233-239, 2014

2.11) 山下和彦: 転倒リスクアセスメントツール「定量的身体機能計測装置」及び転倒リスクアセスメントの標準化の必要性, バイオメカニズム学会誌, Vol. 4, pp. 245-251, 2014

2.12) 山田実: 転倒リスクアセスメントツール「Multi-Target Step」, バイオメカニズム学会誌, Vol. 4, pp. 241-244, 2014

2.13) 緒方徹: 特集「転倒リスクの評価方法特集」に寄せて, バイオメカニズム学会誌, Vol. 4, pp. 232-232, 2014

2.14) 小野 晃: 高齢者における転倒予防トレーニングの効果, 人間工学, Vol. pp. 528-529, 2001

2.15) 中俣 孝昭, 中村 泰彦: スリップによる転倒時の運動力学的解析, 日本理学療法学会誌, Vol. pp. C0922-C0922, 2005

2.16) 加藤智裕, 飯倉由季子, 小河原将央, 岩田彩加, 上村一貴, 内山靖: 障害物を回避する際の動作直前の歩行制御, 理学療法学 Supplement, Vol. pp. 1510, 2016

2.17) 村田裕康, 仁藤健太, 小山夏菜, 渡辺玲央斗, 中野尚子, 芝原美由紀: 擬似高齢者による滑り易い床面での歩行の検討, 理学療法学 Supplement, Vol. pp. 1638, 2016

2.18) 大淵修一: 高齢者の転倒と予防, バイオメカニズム学会誌 = Journal of the Society of Biomechanics, Vol. 1, pp. 2-5, 2003/02/01

2.19) 長谷川由理, 石井慎一郎: 歩行中のつまずきに対する転倒回避のメカニズムについて 身体重心加速度と回転力の変化に対する姿勢制御, 日本理学療法学会誌, Vol. pp. 48101599-48101599, 2013

2.20) 東京消防庁: 救急搬送データから見る高齢者の事故 ~ 日常生活の中で高齢者の事故を防ぐために ~, <http://www.tfd.metro.tokyo.jp/life/topics/201509/kkxansoudeta.html>, 2017.1.16 閲覧

2.21) 渡辺勝利, 河路渡, 加藤正, 布田由之, 望月一男, 太田信夫, 和田尋二, 中村克司, 井出博, 池田忠, 神川隆, 相原忠彦, 田島渉: 大腿骨頸部骨折の当院における統計的観察, 杏林医学会雑誌, Vol. 1, pp. 7-11, 1978

2.22) 国立療養所中央協同研究骨・関節疾患研究会: 国立療養所における骨折の疫学調査, 医療, Vol. 3, pp. 311-316, 1983

2.23) 五十嵐三都男: 高齢者の転倒骨折の背景と整形外科的治療 (特集 転倒と骨折), 理学療法ジャーナル, Vol. 3, pp. 155-158, 1998

2.24) 崎村幸一郎, 中原信一, 野村賢太郎, 衛藤正雄: 大腿骨転子部骨折の術後に二次骨折を繰り返した 1 例, 整形外科と災害外科, Vol. 1, pp. 187-188, 2014

2.25) 大高洋平編: 回復期リハビリテーションの実践戦略 活動と転倒 リハ効果を最大にし、リスクを最小にし、医歯薬出版株式会社, 2016.5

2.26) 酒井 孝文, 河村 顕治, 山下 智徳, 磯山 学: リサーチ用を用いたトッドミル上での連続歩行時における足圧中心の変化について, 日本理学療法学会誌, pp. 48102004-48102004, 2013

2.27) 井上恒平, 井口茂, 平瀬達哉, 小川健治, 中原和美, 髻谷満, 松坂誠應: 動的バランス制御におけるマウスピースの効果, 日本理学療法学会誌, pp. 48101533-48101533, 2013

2.28) 大矢 敏久, 上村 一貴, 春田 みどり, 長谷川 隆史, 伊藤 卓也, 内山 靖: 高齢者では頭部回旋は内乱刺激となってバランスを崩しやすい, 日本理学療法学会誌, Vol. pp. Ae0057-Ae0057, 2012

2.29) 井井勝, 山川重里佳, 中川博文: 荷物所持方法の違いが高齢者の立位姿勢に与える影響, 日本理学療法学会誌, pp. Eb0622-Eb0622, 2012

2.30) 山川重里佳, 森嶋直人, 井井勝, 中川博文: 若年健常者の荷物所持による立位バランス特性の評価, 日本理学療法学会誌, pp. Eb1284-Eb1284, 2012

2.31) 石黒圭広, 長岡輝之: 前方への転倒動作における力学的解析, 日本理学療法学会誌, pp. A0609-A0609, 2007

2.32) 今井田 憲, 西沢 喬, 田中 優介, 小林 まり子, 福田 敦美, 原田 和宏: 地域在住女性高齢者における脊柱後彎度と歩行動態の関連性, 日本理学療法学会誌, Vol. pp. 48100096-48100096, 2013

2.33) 鈴木みずえ, 山田紀代美, 高橋秀子, 土屋滋: 高齢者の転倒状況と転倒後の身体的変化に関する調査研究, 日本看護学会誌, Vol. 2, pp. 10-19, 1993

2.34) 江藤真紀, 久保田新: 地域高齢者の生活環境・習慣と転倒特性およびその変化, 日本看護研究学会雑誌, Vol. 4, pp. 4.33-4.51, 2002

2.35) 濱田 昌美, 梶田 悦子: 24 年追跡調査からみた地域在住女性高齢者の骨折既往と転倒恐怖感が QOL に与える影響, 日本看護医療学会雑誌 = Journal of Japan Society of Nursing and Health Care, Vol. 2, pp. 1-11, 2015/12

2.36) 平真紀子, 泉キヨ子, 河村一海, 加藤真由美, 丸山巳奈: 入院高齢者の転倒経験とその後の予防のとらえ方, 日本看護研究学会雑誌, Vol. 2, pp. 2.17-2.28, 2002

2.37) 田丸典子, 桶晶子, 篠原裕子, 朱桃亜紀, 片瀬智子, 土田麻奈美, 小野塚恵, 宮中めぐみ, 山内由美子: 転倒を繰り返す脳疾患患者における転倒場面と転倒後の予防ケアの特徴 (第 2 報): 3 回以上転倒を繰り返した患者 4 名の分析から, 看護研究発表論文集録, Vol. pp. 109-112, 2005

2.38) 明崎 禎輝, 濱田 美恵子, 池田 明美, 金堂 道尚, 土居 静, 窪田 美和子, 和 香代子, 國澤 聡美, 山田 光俊: 当院における転倒予防対策の効果, 高知リハビリテーション学院紀要, Vol. pp. 31-34, 2012

2.39) 福田修, 遠藤俊郎: スキーヤー・スノーボーダーの頭部外傷, 脳神経外科ジャーナル, Vol. 2, pp. 89-95, 2004

2.40) 塩谷英司, 栗山節郎, 渡辺幹彦, 星田隆彦, 山本茂樹, 石川大樹, 宮岡英世, 阪本桂造, 雨宮雷太, 田中宏典: スキー・スノーボード外傷の最近の傾向 (第 2 報): スキーボード外傷と「エア外傷」について, 昭和医学会雑誌, Vol. 65, No. 5, pp.385-393, 2005

2.41) 山田水城, 後藤剛史: 建物内部における転倒傷害防止に関する一考察: 建築計画, 大会学術講演梗概集, 計画系, pp. 343-344, 1968

2.42) 小野英哲, 渡辺博司, 吉岡丹: 転倒時の安全性からみた床のかたさ

およびその評価方法に関する研究：その1・転倒時の頭部の挙動の解析，学術講演梗概集・構造系，pp. 341-342, 1980

2.43) 小野英哲，渡辺博司，吉岡丹：転倒時の安全性からみた床のかたさおよびその評価方法に関する研究：その2-かたさ測定装置の設計・試作，学術講演梗概集・構造系，pp. 343-344, 1980

2.44) 三上貴正，小野英哲，小西敏正，柳沢昌俊：安全性からみた学校体育館の床のかたさに関する調査研究：その2 転倒衝突時の床のかたさについて，学術講演梗概集・構造系，pp. 319-320, 1981

2.45) 遠藤佳宏，宇野英隆：転倒姿勢が頭部衝撃に与える影響，学術講演梗概集・E, 建築計画，pp. 691-692, 1987

2.46) 直井英雄，佐藤英幸，長谷川敦志，天神良久：床構造が転倒時の頭部衝撃に与える影響（その2），学術講演梗概集・E, 建築計画，農村計画，pp. 693-694, 1987

2.47) 下村竜治，小野行彦，天神良久，直井英雄：床及び壁構造が転倒時の頭部衝撃に与える影響について，学術講演梗概集・E, 建築計画，農村計画，pp. 679-680, 1990

2.48) 上坂一護，水谷章夫：気象および環境要因が家庭内の転落・転倒および溺水事故に及ぼす影響（健康害，環境工学II），学術講演梗概集，環境工学，pp. 447-448, 2003

2.49) 青柳 幸利，朴 眩泰，東郷 史治：高齢者における転倒発生のメカニズム：気象条件と身体活動量の観点から（特集）高齢者の転倒を考える），福祉のまちづくり研究，Vol. 1, pp. 6-10, 2004/06/15

2.50) 田村佳愛，羽山広文，長谷川雅浩，上田好美，絵内正道，森太郎：救急搬送データによる冬期の転倒事故等に関する考察，日本建築学会北海道支部研究報告集，Vol. 77, pp. 193-196, 2004

2.51) 田村佳愛，長谷川雅浩，羽山広文，絵内正道，上田好美，森太郎：救急搬送データによる冬期の転倒事故等に関する考察（都市防災，環境工学I），学術講演梗概集，環境工学I，pp. 785-786, 2004

2.52) 田村佳愛，羽山広文，上田好美，絵内正道，野口孝博，森太郎，長谷川雅浩：救急搬送データを用いた都市・建築の安全性に関する調査分析：その3 市街地の転倒事故発生状況の調査分析，日本建築学会北海道支部研究報告集，Vol. 78, pp. 343-346, 2005

2.53) 石田倫太郎，山畑信博：山形市における雪みちでの歩行者の転倒事故について，日本建築学会東北支部研究報告集・計画系，Vol. 70, pp. 215-218, 2007

2.54) 富田隆太，井上勝夫，川又周太：住宅内の転倒時を想定した直張り木質フローリング床の頭部衝撃緩衝効果に関する検討（環境工学），日本建築学会技術報告集，Vol. 26, pp. 591-596, 2007

2.55) 永田久雄，井上之彦，渡辺仁史，林田和人，加藤正宜：石鹼などで覆われた床材の滑り転倒リスクについて：転倒リスクから見た浴室床の滑り評価方法に関する研究（その1），学術講演梗概集，建築計画I，pp. 529-530, 2008

2.56) 高頭芳昌，永田久雄，井上之彦，渡辺仁史，加藤正宜：床面の滑り特性の評価のための測定要件：転倒リスクから見た浴室床の滑り評価方法に関する研究（その3），学術講演梗概集，建築計画I，pp. 533-534, 2008

2.57) 林田和人，永田久雄，井上之彦，渡辺仁史，加藤正宜：既存の滑り試験法の妥当性について：転倒リスクから見た浴室床の滑り評価方法に関する研究（その2），学術講演梗概集，建築計画I，Vol. pp. 531-532, 2008

2.58) 井上之彦，永田久雄，渡辺仁史，林田和人：実用型滑り試験機による測定法とその妥当性：転倒リスクから見た浴室床の滑り評価方法に関する研究（その5），学術講演梗概集，建築計画I，pp. 1007-1008, 2009

2.59) 永田久雄，井上之彦，渡辺仁史，林田和人：実用型滑り試験機的设计要件：転倒リスクから見た浴室床の滑り評価方法に関する研究（その4），学術講演梗概集，建築計画I，pp. 1005-1006, 2009

2.60) 長島明日香，井上勝夫，富田隆太，森本千早：軽量床衝撃音遮断性能・転倒時の安全性・歩行感覚評価からみた検討：住空間における居住性能からみた床仕上げ材の適正性に関する検討：その2，学術講演梗概集1，建築計画I，pp. 725-726, 2011

2.61) 永田久雄：急加速刺激を加えた場合の立位姿勢の安定性に関する基礎的研究，人間工学，Vol. 4, pp. 173-180, 1990

2.62) 小美濃幸司，永田久雄，大野央人：衝撃加速刺激の作用方向と転倒方向，人間工学，Vol. pp. 192-193, 1996

2.63) 小美濃幸司，永田久雄，大野央人：加速刺激の方向に対する人間の転倒方向についての検討，人間工学，Vol. 3, pp. 117-127, 1998

2.64) 住吉ゆう子，川端俊宏，宮野道雄：つまずきによる転倒動作に関する実験（建築計画），日本建築学会近畿支部研究報告集・計画系，Vol. 40, pp. 241-244, 2000

2.65) 加藤正男，八藤後猛，野村歡，布田健，直井英雄：動作・行為から見た手すりの分類および手すりにかかる人の転倒時荷重の計測：住居内壁付け手すり取付け強度の定量的評価法に関する実験研究(1)，日本建築学会計画系論文集，Vol. 584, pp. 27-33, 2004

2.66) 齋藤 誠二，村木 志志：高齢者の障害物まぎ動作における足の軌跡と位置知覚に関する研究，人間工学 = The Japanese journal of ergonomics, Vol. 2, pp. 172-179, 2010

2.67) 井上剛伸，廣瀬秀行，今泉寛：高齢障害者用車いすブレーキかけ忘れ防止装置，人間工学，Vol. 4, pp. 183-188, 1996

2.68) 深谷 潔：車椅子転倒防護用エアバッグの緩衝性の評価，人間工学，Vol. pp. 362-363, 2004

2.69) 三林洋介，田宮高信，吉村拓巳，一杉正仁：車いす転倒時の頭部衝撃力の計測と事故予防，人間工学，pp. S158-S159, 2014

2.70) 佐川貢一，福川亮，津嶋優太，本井幸介：ワーキングメモリを利用した二重課題歩行特性と健常高齢者の転倒経験との関連性評価，人間工学，pp. S160-S161, 2013

2.71) 佐川貢一，福川亮，本井幸介，木立り子：二重課題歩行特性と副課題成績を組み入れたワーキングメモリモデルによる健常高齢者の転倒経験の識別，人間工学，Vol. 6, pp. 342-349, 2014

2.72) 福井優太，森柚樹，木下史也，高田宗樹：傾斜角度の異なる斜面上での重心動揺に関する研究，電子情報通信学会技術研究報告・MBE, ME とパワースタビリティ，Vol. 361, pp. 7-10, 2014

2.73) 高橋徹，林玉子，徳田哲男：転倒事故に関する研究：（その1）転倒・転落事故の加齢による変化，学術講演梗概集・E, 建築計画，農村計画，pp. 713-714, 1986

2.74) 須田眞史，寛淳夫，井上由起子，横井郁子，橋本美芽：患者タイプ分けに基づいたベッドまわりおよびトイレでの転倒への物的対策：急性期病

院における入院患者の転倒・転落への物的対策に関する研究 その2(病棟・看護，建築計画I), 学術講演梗概集・E-1, 建築計画I, pp. 437-438, 2004

2.75) 須田眞史，寛淳夫，横井郁子，橋本美芽：患者タイプの人割割合に基づく病棟トイレの数量算定：急性期病院における入院患者の転倒・転落への物的対策に関する研究 その3(病棟(1), 建築計画I), 学術講演梗概集・E-1, 建築計画I, pp. 207-208, 2005

2.76) 徳田哲男，林玉子，高橋徹：高齢者の転倒事故誘発要因に関する研究，学術講演梗概集・E, 建築計画，pp. 541-542, 1988

2.77) 木村さよ子：高齢者施設における入所者の移動の安全確保に関する建築計画的な研究：高齢者施設における転倒・転落事故の分析を通して，学術講演梗概集・E-1, 建築計画I, pp. 399-400, 1999

2.78) 久保雅人，野久尾尚志：特別養護老人ホームにおける転倒防止に関する研究 その1：転倒による骨折などの大怪我を負った認知症高齢者について（高齢者施設の環境改善計画，建築計画I），学術講演梗概集・E-1, 建築計画I, pp. 405-406, 2008

2.79) 三浦研：特別養護老人ホームの床の衝撃力吸収性と転倒・転落骨折（建築計画），日本建築学会近畿支部研究報告集・計画系，Vol. 52, pp. 189-192, 2012

2.80) 三浦研，高木翔子：認知症高齢者グループホームの建物構造と転倒・転落骨折（建築計画），日本建築学会近畿支部研究報告集・計画系，Vol. 53, pp. 25-28, 2013

2.81) 三浦研：特別養護老人ホームの床が転倒・転落骨折に及ぼす影響，日本建築学会計画系論文集，Vol. 698, pp. 883-890, 2014

2.82) 三浦研，高木翔子：グループホームの建物特性が骨折に及ぼす影響その1 転倒・転落骨折数の分析を通して，日本建築学会計画系論文集，Vol. 711, pp. 1027-1035, 2015

2.83) 岩井今朝典，直井英雄：住宅における日常災害の推移に関する統計的分析(2)：「墜落」「転落」「転倒」「溺水」を対象として，学術講演梗概集・E, 建築計画，農村計画，Vol. pp. 1195-1196, 1994

2.84) 加藤龍一，星且二：居住環境における健康維持増進に関する研究(その35)：エレベーターの無い団地の住居階数が自立高齢者の転倒・生存・外出活動に及ぼす影響，学術講演梗概集・D-1, 環境工学I, pp. 1141-1142, 2010

2.85) 磯田信賢，浅野均，田畑邦雄，田中和子，中村摩紀，堀内ふき，安川揚子：在宅高齢者の自宅での転倒の背景に関する調査・考察（高齢者・障がい者の住まい，建築計画II），学術講演梗概集・E-2, 建築計画II, pp. 365-366, 2011

2.86) 笹泰之，田中直人：脳卒中片マヒ者の住宅内における転倒の実態および対応状況に関する調査：脳卒中片マヒ者の住環境のユニバーサルデザインに関する研究（高齢者・障がい者の住まい，建築計画II），学術講演梗概集・E-2, 建築計画II, pp. 367-368, 2011

2.87) 坂本蘭，八藤後猛，中田 弾：住宅内における高齢者の転倒事故実態に関する研究（住宅と福祉(1), 建築計画), 2013年度日本建築学会大会（北海道）学術講演会・建築デザイン発表会，学術講演梗概集，pp. 1253-1254, 2013

2.88) 落合修，長谷川敦志，天神良久，直井英雄：日常災害の発生頻度把握のための研究：墜落、転落、転倒事故に関する施設者へのアンケート，学術講演梗概集・E, 建築計画，pp. 607-608, 1987

2.89) 狩野徹，秋山哲男：高齢者と子供の転倒事故の特徴：転倒事故からみた生活環境の安全性に関する研究-1，学術講演梗概集・E-2, 建築計画II, Vol. pp. 109-110, 1998

2.90) 狩野徹：都市在住高齢者の転倒事故の特徴：転倒事故から見た生活環境の安全性に関する研究-2，学術講演梗概集・E-2, 建築計画II, Vol. pp. 353-354, 2000

2.91) 田村佳愛，羽山広文，上田好美，絵内正道，野口孝博，森太郎，長谷川雅浩：救急搬送データを用いた都市・建築の安全性に関する調査分析：その3 市街地の転倒事故発生状況の調査分析（研究委員会報告：都市・建築の安全性評価），日本建築学会北海道支部研究報告集，Vol. 78, pp. 343-346, 2005

2.92) 小野英哲：人の上り，下り時の負担からみた段差と斜路の比較，日本建築学会構造系論文集，Vol. 601, pp. 31-36, 2006

2.93) 野田美保子，木田和幸，三田禮造：高齢者の転倒の外的要因としての履き物の研究：スリッパとパレーシューズの比較（リハビリテーション・運動療法，一般口演，第60回 日本体力医学会大会），体力科学，Vol. 6, pp. 680, 2005

2.94) 岡田沙弥香，市川美和子，金井章：スリッパ使用時の跨ぎ動作の検討，日本理学療法学会大会，Vol. pp. A1098-A1098, 2008

2.95) 金井章，植田和也，両角友大，太田進，太田秀樹，那須友和，酒井圭一：スリッパ形状の違いによる歩行安定効果の検証，日本理学療法学会大会，pp. 48100937-48100937, 2013

3.1) Emiko Uchiyama, Hiroshige Matsumoto, Marina Hamada, Mio Choki, Chie Suzuki, Yufei Fu, Akiko Nishino: Designing built environments to prevent falls, fall-related fractures, and post-fall home confinement, The Geological Society of America, Poster, 2015.11

3.2) Hiroshige Matsumoto, Emiko Uchiyama, Shingo Yoshida, Kyoungmin KIM, Kouhei Miki, Bokyoung Son, Akiko NISHINO: Designing built environments to prevent falls, fall-related fractures, and post-fall home confinement, The Geological Society of America, Poster, 2015.11

4.1) 三林洋介，田宮高信，吉村拓巳，一杉正仁：車いす転倒時の頭部衝撃力の計測と事故予防，人間工学，pp. S158-S159, 2014

4.2) 橋正洋，江原義弘，島田勝英，前田淳一，片野由香里，佐藤房郎：モデル計算による立ち上がり動作時の関節トルク計測：妥当性および問題点の検討，リハビリテーション医学：日本リハビリテーション医学会誌，Vol. 2, pp. 107-113, 1990

4.3) 国立健康・栄養研究所：改訂版「身体活動のメッツ(METS)表」，2012年4月11日改定版

4.4) 坂本蘭，八藤後猛，中田 弾：住宅内における高齢者の転倒事故実態に関する研究，建築計画，2013年度日本建築学会大会学術講演会学術講演梗概集，pp. 1253-1254, 2013

4.5) 東京消防庁HP. 救急搬送データから見る高齢者の事故～日常生活の中で高齢者の事故を防ぐために～，<http://www.tfd.metro.tokyo.jp/life/topics/201509/kkansoudeta.html>, 2017.1.19 参照