

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2007～2009

課題番号：19681018

研究課題名（和文） 生活支援機器の安全性評価法の確立

研究課題名（英文） Development of the safety assessment method of assisted living device

研究代表者

伊藤 安海（ITO YASUMI）

国立長寿医療センター（研究所）・長寿医療工学研究部・室長

研究者番号：40356184

研究成果の概要（和文）：超高齢社会に対応すべく、高度な生活支援機器が開発されているが、安全性評価の指標が確立していない。そこで、生活支援機器による(1)人体との接触事故、(2)交通事故、(3)機器の破損による事故、に対する安全性評価手法を確立する目的で、調査、実験を行った。その結果、(1) 生体軟組織の厚さと衝撃吸収特性は比例関係にあり、筋肉などの軟組織が減少している高齢者は、機器との接触による骨折するリスクが高い、(2) 車からの視認性が悪い高齢歩行者（電動車いす乗員を含む）は交差点での車との接触リスクが高い、(3) 生活支援機器部材としてマグネシウム合金を使用する場合、多軸応力の影響を考慮した設計を行う必要がある、といったことが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：Advanced assisted living devices are developed that it should correspond to a super-aged society. However, the safety assessment approach of assisted living devices is not established. So, investigations and experiments were conducted for assisted living device users' accident risk assessment. As a result, I acquired the knowledge of (1)-(3). (1) The thickness and the impact-absorbing characteristic of soft tissue are in proportionality relation. (2) The aged pedestrian with bad visibility from a car has a high contact risk with the car in a crossing. (3) I discovered that it was necessary to take into consideration the influence of multi-axis stress to the design of an assisted living device.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2008年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
総計	9,300,000	2,790,000	12,090,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，社会システム工学・安全システム

キーワード：バイオメカニクス，危機管理，安全工学，生体材料，生活支援機器，福祉工学

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会に対応すべく、電動車いすを始めとする生活支援機器はますます身近になり、生活のいたるところで活躍を始めている。また、ロボティクス技術の発達に伴い、介護ロボットのようなインテリジェントな機能を有する生活支援機器が開発されつつある。それに伴い、生活支援機器による①人体との接触事故、②交通事故、③機器の破損による事故、といった生命を脅かす事故の発生が問題となっている。しかし、生活支援機器の安全性に関しては、耐久性など一部の基準がJISで規定されているのみで、十分な安全性評価が行われていないのが現状である。さらに、上記①～③に対応する学問分野が①バイオメカニクス、②交通工学、③破壊力学、と異なるため、包括的な評価が困難だという側面もある。

一方で、一度生活支援機器が関係した事故が発生すると、その都度警察による科学的な原因究明が行われるが、警察による調査結果は事故の再発防止のためには全く生かされていないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、生活支援機器の総合的な安全性評価法を確立するため、以下(1)～(3)に示す内容を明らかにすることを目的とする。

(1) 生活支援機器と接触した際に人体の受ける衝撃荷重の計測・評価手法を開発し、人体との接触時における危険性の観点から機器を評価する手法を提案する。

(2) 高齢者の交通事故要因をマイクロ、マクロ両面から明らかにし、生活支援機器使用時の交通事故防止対策を提案する。

(3) 生活支援機器に用いられる材料の詳細な破壊特性を明らかにし、軽量・コンパクトでありながら安全な生活支援機器の設計を可能にする。

3. 研究の方法

本研究は、以下の3項目の研究を同時進行で行い、最終的に生活支援機器の包括的な安全性評価法の検討を行った。

(1) 衝撃力を精度良く測定する装置（衝撃力測定システム）の開発を行う。さらに、その装置を用いて衝撃力作用時の生体軟組織（筋肉、脂肪など）および緩衝材の衝撃吸収特性の評価を行う。

以上で得られたデータに基づき、機器と人

体が接触する部分の生体軟組織（人体側）および緩衝材（機器側）の衝撃特性と、実際に接触した際に骨が受ける力を推定する手法を開発し、接触時骨折リスクに基づく生活支援機器の安全性評価手法を検討する。

(2) 警察の公表する高齢者交通事故のマクロ情報および警察職員から直接入手するミクロ情報に基づき、生活支援機器を用いた高齢者の交通事故リスクの現状を調査する。

さらに、ドライビング・シミュレータおよびドライブレコーダを用いた高齢者特有の交通事故発生メカニズムの分析を行い、超高齢社会における老老事故リスクを調査する。

以上で得られたデータに基づき、生活支援機器（電動車いすなど）の安全性評価手法を検討する。

(3) 生活支援機器の部材として用いられる軽金属（アルミニウム、チタン、マグネシウムなど）合金の繰り返し荷重負荷による疲労破壊強度及び寿命を、実際の機器使用時の環境に近い二軸荷重下で調べ、正確な材料強度データを公表することにより、軽量・コンパクトでありながら十分強度の高い生活支援機器の設計を可能にする。

4. 研究成果

生活支援機器による①人体との接触事故、②交通事故、③機器の破損による事故、に対する安全性を総合的に評価する手法を開発する目的で、①～③の各項目に関する調査、実験、検討を行い、以下(1)～(3)に示す生活支援機器の高度な安全性評価のための知見が得られた。

(1) 図1に示す衝撃力測定用ロードセルを開発し、静的校正および動的校正によってその有用性を明らかにした。さらに、開発したロードセルと高速度ビデオカメラ、落下試験機からなる衝撃力測定システムを構築し、人体軟組織、硬組織を模擬したモデルを用いて、衝撃力が生体軟組織を通じて骨に伝わるメカニズムの分析を行い、力の時間的伝播の様子を明らかにした。

また、衝撃力測定システムを用いて生体軟組織および緩衝材の衝撃吸収特性を調べる実験を行った。その結果、生体軟組織および緩衝材の厚さと衝撃吸収特性は比例関係にあることが明らかとなり（図2）、筋肉、脂肪などの軟組織が減少している高齢者では、僅かな衝撃力で骨折するリスクがあることが明らかとなった。



図1 衝撃力測定用ロードセルの外観

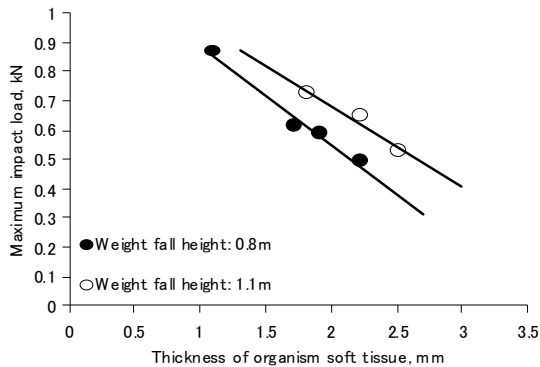


図2 生体軟組織の厚さと骨が受ける荷重の関係 (725gの錘を規定の高さから豚肉の上に落下)

(2) 高齢者・生活支援機器使用者の関係する交通事故の特徴を明らかとするために、警察の交通統計による調査および警察の交通事故鑑定担当者からの聞き取り調査を行った。その結果、視認性の悪さを原因とする電動車いす搭乗高齢者の受傷事故が多いことが明らかとなった。

また、我々の開発した簡易ドライビング・シミュレータ (図3) および市販のドライブレコーダを用いて高齢者の交通事故発生メカニズムの分析を行った結果、高齢歩行者 (電動車いす乗員を含む) は交差点での自動車との接触リスクが高いことが明らかとなった。さらに、相手となる自動車のドライバーも高齢者である場合に、事故リスクは飛躍的に上昇することも明らかとなり、高齢ドライバー対策も必要なことが明らかとなった。

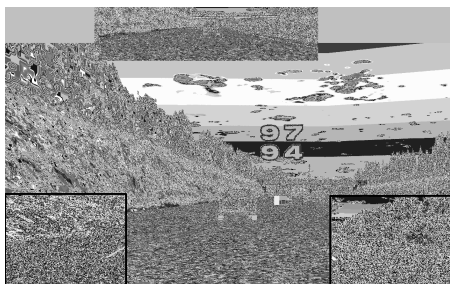


図3 ドライビング・シミュレータの映像

(3) 生活支援機器の部材として使用される頻度の高い、チタン、マグネシウム合金を用いた二軸疲労試験を実施し、複雑な応力下における疲労特性を調べた結果、マグネシウム合金はその他の金属と異なり、二軸応力の影響を大きく受けることが分かった。このことから、生活支援機器の部材としてマグネシウム合金を使用する場合、これまで考慮されていなかった多軸応力の影響を考慮した設計を行う必要があることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計10件)

- ① 久保田 怜、島本 聡、手塚 還、沼田 大樹、安養寺 正之、高山 和喜、極低温環境下における CFRP 複合材料の高速衝突特性について、実験力学、査読有、Vol. 10、No. 1、2010、110-115
- ② Y. Ito, T. Nemoto, T. Ogura, H. Yamashita, S. Yanai, H. Matsuura, Measurement by Load Cells of Impact Force which a Human Body Receives by External Force, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, 査読有, Vol. 28, Issue 1, 2008, 39-42
- ③ 山中 真、小井手 一晴、根本 哲也、伊藤安海、野田 信雄、小野 寺理江、松本 尚子、松浦 弘幸、階層分析法 (AHP) を用いた医療事故の要因分析と対策、バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌、査読有、10 巻、2 号、2008、107-112
- ④ 伊藤安海、ドライビング・シミュレータを用いた高齢ドライバー対策の現状、設計工学、43 巻、6 号、2008、307-314
- ⑤ 根本 哲也、小井手 一晴、山中 真、伊藤安海、松浦 弘幸、島本 聡、医療現場の危機管理、非破壊検査、57 巻、11 号、査読なし、2008、521-526
- ⑥ Y. Ito, A. Shimamoto, T. Nemoto, K. Koide, A. Inamori, S. Yanai, H. Matsuura, Fundamental Research on Fatigue Properties of Closed-Packed Hexagonal Lattice Metal under Biaxial Stress, Materials Science Forum, Vols. 561-565, 査読有, 2007, 167-170
- ⑦ 伊藤安海、小倉 崇生、最上 和生、根本 哲也、松浦 弘幸、機械構造物の接触により人体が受ける衝撃力の測定および評価に関する基礎研究、土木学会 JCOSSAR 論文集、査読有、2007、157-164
- ⑧ T. Nemoto, Z. Isogai, K. Koide, Y. Itoh, F. Nogata, A. Shimamoto, H. Matsuura,

Viscoelasticity Measurement of Skin in Vivo by Rheometer, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol.21, Issue 2, 査読有, 2007, 33-36

[学会発表] (計 72 件)

- ① 伊藤安海、福祉ロボットリスクアセスメントのための衝撃力測定・評価、第 57 回応用物理学関係連合講演会、2010 年 3 月 19 日、神奈川
- ② 伊藤安海、力学的人体損傷評価技術の開発ー生体軟組織の衝撃特性評価ー、第 6 回日本褥瘡学会中部地方会学術集会、2010 年 2 月 21 日、愛知
- ③ 伊藤安海、福祉ロボットリスクアセスメントのための生体軟組織衝撃特性評価、第 41 回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム、2010 年 1 月 8 日、東京
- ④ 根本哲也、被接触物の機械的性質がおよぼす人体損傷への影響、第 41 回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム、2010 年 1 月 8 日、東京
- ⑤ 伊藤安海、人体の受ける衝撃力の評価手法の検討ー人体軟組織および緩衝材の衝撃吸収特性評価ー、日本法科学技術学会第 15 回学術集会、2009 年 11 月 13 日、東京
- ⑥ 小倉崇生、ロードセルによる衝撃力の計測及び評価、日本法科学技術学会第 15 回学術集会、2009 年 11 月 13 日、東京
- ⑦ 伊藤安海、ロボットの接触による骨折リスクと生体軟組織・緩衝材の衝撃吸収特性の関係、第 14 知能メカトロニクスワークショップ、2009 年 9 月 26 日、和歌山
- ⑧ 伊藤安海、高齢者リスクマネジメントのための部位衝撃特性ー人体軟組織および緩衝材の衝撃吸収特性評価ー、第 28 回数理科学講演会、2009 年 8 月 29 日、東京
- ⑨ 伊藤安海、人体が受ける衝撃力のロードセルによる測定・評価、第 56 回応用物理学関係連合講演会、2009 年 3 月 31 日、茨城
- ⑩ 伊藤安海、外力により人体が受ける衝撃力のロードセルによる測定、第 40 回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム、2009 年 1 月 23 日、東京
- ⑪ 伊藤安海、人体の受ける衝撃力の測定・評価における諸問題とその対策、日本法科学技術学会第 14 回学術集会、2008 年 11 月 7 日、東京
- ⑫ Y. Ito, Measurement by Load Cells of Impact Force which a Human Body Receives by External Force, The Sixteenth International Scientific Conference AMME' 2008, 2008 年 6 月 24

日、ポーランド

- ⑬ 伊藤安海、外力により人体が受ける衝撃力測定法の開発、第 55 回応用物理学関係連合講演会、2008 年 3 月 28 日、東京
- ⑭ Y. Ito, Development of Early Detection Approach of Dangerous Driver of Advanced Age and Dementia, American Academy of Forensic Sciences, 60th Annual Meeting, 2008 年 2 月 20 日、米国 (ワシントン DC)
- ⑮ 伊藤安海、外力により人体が受ける衝撃力の測定・評価手法の検討、第 39 回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム、2008 年 2 月 10 日、東京
- ⑯ Y. Ito, Development of the measurement system of impact force which a human body receives, Second International Conference on Mechanics of Biomaterials & Tissues, 2007 年 12 月 9 日、米国 (ハワイ)
- ⑰ Y. Ito, Fundamental Research on Fatigue Properties of Closed-Packed Hexagonal Lattice Metal under Biaxial Stress, The Sixth Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing, 2007 年 11 月 7 日、韓国 (済州島)
- ⑱ Y. Ito, Measurement and Evaluation of Impulse Force which Human Body Receives by Contact of Machine and Structure, The 2nd International Conference on Advanced Nondestructive Evaluation, 2007 年 10 月 18 日、韓国 (釜山)
- ⑲ Y. Ito, Fatigue crack propagation of magnesium alloy and titanium in biaxial stress fields, International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2007, 2007 年 9 月 13 日、福岡
- ⑳ Y. Ito, Effects of Biaxial Stress Condition for Fatigue Properties of Titanium, The 13th International Conference on Experimental Mechanics, 2007 年 7 月 5 日、ギリシャ

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：

番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤 安海 (ITO YASUMI)
国立長寿医療センター（研究所）・長寿医療工学研究部・室長
研究者番号：40356184

(2) 研究協力者

松浦 弘幸 (MATSUURA HIROYUKI)
国立長寿医療センター（研究所）・長寿医療工学研究部・部長
研究者番号：30262116

根本 哲也 (NEMOTO TETSUYA)
国立長寿医療センター（研究所）・長寿医療工学研究部・室長
研究者番号：90342477

久保田 怜 (KUBOTA RYO)
国立長寿医療センター（研究所）・長寿医療工学研究部・流動研究員
研究者番号：10583461

西井 匠 (NISHII TAKUMI)
国立長寿医療センター（研究所）・長寿医療工学研究部・流動研究員
研究者番号：10387623

山中 真 (YAMANAKA MAKOTO)
国立長寿医療センター（研究所）・長寿医療工学研究部・外来研究員

小倉 崇生 (OGURA TAKAO)
三重県警察本部・刑事部科学捜査研究所・研究主任

戸田 均 (TODA HITOSHI)
三重県警察本部・刑事部科学捜査研究所・研究主任

木村 巧 (KIMURA TAKUMI)
愛知県警察本部・刑事部科学捜査研究所・所長補佐

松井 応式 (MATSUI MASANORI)
愛知県警察本部・刑事部科学捜査研究所・研究員

柳井 修一 (YANAI SHUICHI)
奈良県立医科大学・医学部・特別研究員
研究者番号：60469070

山下 裕康 (YAMASHITA HIROYASU)
株式会社東京測器研究所・営業部・次長

磯江 久枝 (ISOE HISAE)
株式会社東京測器研究所・名古屋営業所

内田 勝正 (UCHIDA KATSUMASA)
株式会社東京測器研究所・名古屋営業所・主任