

博士論文

高齢期における生活機能の保持に向けた身体活動指標

平成 25 年度

筑波大学大学院人間総合科学研究科スポーツ医学専攻

大須賀洋祐

筑波大学

# 目 次

図表中の略語一覧	1
第1章 序論	2
第1節 研究の背景	
第2節 高齢期の身体活動指針と今後の課題	
第3節 研究の目的	
第4節 研究の意義	
第5節 用語の定義	
第2章 文献研究と研究課題の設定	15
第1節 生活機能の測定・評価方法に関する研究	
第2節 身体活動の測定・評価方法に関する研究	
第3節 生活機能の階層性と身体活動の関連	
第4節 機能制限を反映する身体活動量の閾値	
第5節 身体活動量の増加が日常生活動作に及ぼす影響	
第6節 先行研究のまとめ	
第7節 研究課題の設定	
第3章 測定項目と測定方法	46
第1節 生活機能	
第2節 身体活動および座位行動	
第3節 インタビュー調査法による調査項目と形態指標	

**第4章 【研究課題 1-1】 高次生活機能と身体活動との関連 . . . . . 54**

第1節 目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第5節 結論

**第5章 【研究課題 1-2】 低次生活機能と身体活動との関連 . . . . . 83**

第1節 【研究課題 1-2-a】 日常生活動作と中高強度身体活動時間との関連

第1項 目的

第2項 方法

第3項 結果

第4項 考察

第5項 結論

第2節 【研究課題 1-2-b】 日常生活動作と低強度身体活動時間との関連

第1項 目的

第2項 方法

第3項 結果

第4項 考察

第5項 結論

第3節 【研究課題 1-2-c】 日常生活動作と座位行動時間との関連

第1項 目的

第2項 方法

第3項 結果

第4項 考察

第5項 結論

**第6章 【研究課題 2】 高齢者の日常生活動作制限を反映する身体活動量 . . . 124**

第1節 目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第5節 結論

**第7章 【研究課題 3】 身体活動量の増加が高齢者の日常生活動作に及ぼす影響 142**

第1節 目的

第2節 方法

第3節 結果

第4節 考察

第5節 結論

**第8章 総括 . . . . . 153**

第1節 研究の限界と今後の課題

第2節 結語

**謝辞 . . . . . 161**

**引用文献 . . . . . 162**

**関連論文**

## 第 1 章 序論

### 第 1 節 研究の背景

#### 1. 不健康期間の短縮化に向けて

総務省の人口推計調査によると、我が国の高齢化率は 24.1%に到達し、世界で唯一の超高齢社会国家<sup>1</sup>となった(総務省, 2012)。今後も高齢化率は上昇し、2060 年に高齢化率は 39.9% (約 2.5 人に 1 人が 65 歳以上の高齢者) となることが推計されている (国立社会保障・人口問題研究所, 2011)。高齢化率が急激に増加している社会的背景には、合計特殊出生率の急激な低下と医療の発展による平均余命の延伸がある (厚生労働省, 2006)。合計特殊出生率は、第 1 次ベビーブーム (1945 年) では 4.5%以上の高い水準を記録していたが、2012 年には 1.4%まで低下した。その一方で、平均寿命は、1947 年では男性 50.1 歳、女性 54.0 歳であったのに対し、2012 年には男性 79.4 歳、女性 85.9 歳まで飛躍的に延伸した (厚生労働省, 2012)。

平均寿命の延伸に伴い、不健康期間 (平均寿命から健康寿命<sup>2</sup>を減算した期間) もここ 10 年で増加し、2010 年における不健康期間は、男性で 9.2 年、女性で 12.8 年と平均寿命の 10%以上の期間を占めている (厚生労働科学研究班, 2012)

(figure 1-1)。したがって、今まさに着手すべき課題は、平均寿命の延伸とともに不健康期間への移行を先送りできるような健康目標を掲げ、不健康期間の短縮化に向

---

<sup>1</sup> 高齢化率が 21%を超えた国家を指す。高齢化率 21%を超えた国家は、現在のところ我が国のみである (次いでイタリア共和国が 20.4%)。

<sup>2</sup> ある健康状態で生活することが期待される平均期間またはその指標の総称を指す。健康寿命の概念は、「日常生活に制限のない期間の平均」、「自分が健康であると自覚している期間の平均」、「日常生活動作が自立している期間の平均」によって規定されており、すべて自己申告によって評価される。

けた施策を展開することである。

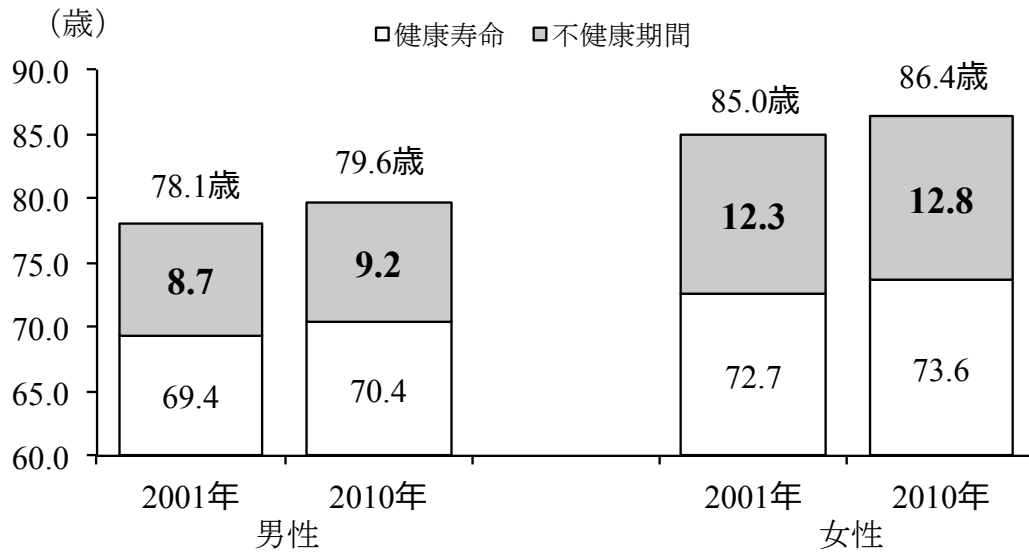


Figure 1-1. 平均寿命と健康寿命，不健康期間の推移.

注) 図は厚生労働省科学研究班（健康寿命における将来予測と生活習慣病対策の費用対効果に関する研究, 2012）のデータから著者が引用・作成.

## 2. 高齢期に掲げる健康目標とその関連要因

高齢者は、他の年台と比較して、高血圧症や狭心症、関節リウマチ、変形性関節症など、何らかの疾患を有している場合が多く、有訴者率<sup>3</sup>は49.6%と、全高齢者の約半数を占める（厚生労働省，2007）。しかし、有訴者の多くは、疾患に対する自覚症状を有していても、日常生活に支障を来しているわけではない（内閣府，2009）（figure 1-2）。すなわち高齢期における健康目標は、単に疾患がないことや余命の延伸にとどまらず、疾患を保持していても、生活機能を維持することであろう（田中ら，2004）。

<sup>3</sup> ここ数日、病気や怪我等で自覚症状のあると回答した者。

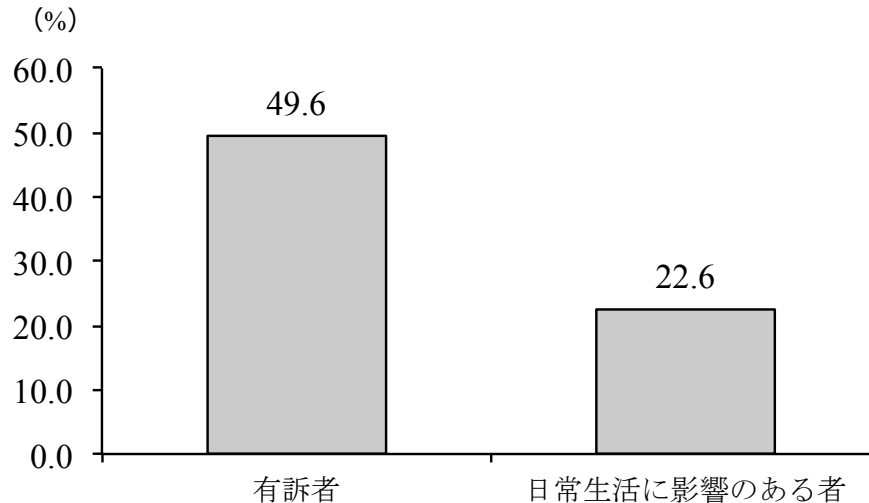


Figure 1-2. 高齢者の有訴者率と日常生活に影響のある者の割合.

注) 図は厚生労働省「平成19年度国民生活基礎調査」のデータより、著者が引用・作成.

有訴者: ここ数日、病気や怪我等で自覚症状があると回答した者.

日常生活に影響のある者: 健康上の問題で、日常生活に影響があると回答した者.

高齢期における生活機能の低下には、人口統計学的要因、身体的要因、心理的要因、そして生活習慣要因が関連している(新開ら, 2009; Ishizaki et al., 2000; 神宮ら, 2003). 生活習慣は、日常生活から変容可能な要因であるため、高齢者本人に対する運動や栄養、睡眠、口腔機能に着目した研究や健康支援策が積極的に展開されてきた(熊谷ら, 2003; 衣笠ら, 2005; 清野ら, 2008; 厚生労働省, 2009). とりわけ定期的な運動実践が、生活機能の基盤である日常生活動作に及ぼす有効性は高く(Daniels et al., 2008)、多種多様な運動(有酸素性運動やレジスタンス運動、バランス運動、柔軟性運動)を実践することで、日常生活動作が向上する可能性が多くの先行研究から示されている(Liu and Latham, 2009).

### 3. 高齢者のための運動・身体活動指針

高齢者であっても積極的に体を動かすことで、ヒトの身体は、その状況に fit (適応) し、加齢による生物学的な進行を抑制する (Chodzko-Zajko et al., 2009). 国民の運動習慣を促進するため、厚生労働省は、1989 年より健康づくりのために必要な運動所要量を検討してきた。2013 年に厚生労働省は、「健康づくりのための運動基準 2006 (運動基準 2006)」を改定し、「健康づくりのための身体活動基準 2013 (身体活動基準 2013)」および「健康づくりのための身体活動指針 (アクティブガイド)」を新しく策定した<sup>4</sup> (厚生労働省, 2013)。改定のための検討課題は、運動基準 2006 の活用状況や国民の運動実践動向を踏まえ、以下の 6 つが指定された。

- ① 運動基準 2006 の基準値の変更が必要か検討する。
- ② 生活習慣病だけでなく、がん予防や加齢に伴う生活機能低下予防の観点から運動器疾患や認知症の予防を含んだ基準値を策定する。
- ③ 高齢者の基準値を策定する。
- ④ 活動強度や身体活動量を平易な表現方法に置き換える。
- ⑤ 全身持久力以外の体力基準値策定の可能性を探る。
- ⑥ 量・反応関係に基づき現状に付加する身体活動量の基準値を策定する。

改定における大きな特徴の 1 つに、高齢者のための基準値が新たに示された。基準値は、システマティックレビューで採択された 4 本の論文にメタ解析を施

---

<sup>4</sup>前者は、システマティックレビューによる科学的手法を用いた研究知見の集大成であり、後者は国民向けの簡易パンフレットとして、自治体等でカスタマイズして配布できるように作成された資料である。



すことで算出された (Gregg et al., 1998; Heesch et al., 2007; Ravaglia et al., 2008; Smith et al., 2010). メタ解析では, 3 METs (metabolic equivalents) 未満の身体活動も含めた身体活動量と疾患リスク (認知症, 関節痛, 骨粗鬆症等) との関係を統合して分析し, 疾患リスクが有意に低下し始めた閾値を基準値としている. その結果, 身体活動が 10 METs・時/週の群は, 身体活動が最も少ない群と比較して, 疾患リスクが 21%有意に低値であったことから, 基準値は「10 METs・時/週」と示された. 「10 METs・時/週」を簡易な表現に置き換えると「横になったままや座ったままでなければ, どのような身体活動でも良いので 1 日 40 分実践する」などとなる. 3 METs 未満の活動を含めて基準値を作成した背景には, 65 歳以上の高齢者は 65 歳未満の者と比較して, 体力が低く全活動に占める 3 METs 以上の活動の割合が低いことを配慮している.

## 第 2 節 身体活動指針における現状の問題点と今後の課題

高齢者の基準値がこれまで検討されていなかった背景を鑑みると、「10 METs・時/週」という明確な基準値が示されたことは、公衆衛生学上、意義深いことであると考えられる。また、「10 METs・時/週」は、メタ解析から算出された値であるため、質の高いエビデンスに基づいた指標であると考えられるものの、基準値の更なる充実化に向け、以下に示す 3 つの課題は、今後検討すべき重要事案であると報告されている（田中, 2006）。

### 1. 日本人高齢者を対象とした身体活動の実態に関するエビデンス不足

身体活動基準 2013 では、4 本の論文から基準値が検討されているものの、日本人高齢者を対象とした論文は引用されていないため（table 1）、日本人高齢者の身体活動の実態を明らかにすることは、先決して解決すべき課題であると考えられる。National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) によると、アメリカ人高齢者（60-69 歳）の歩数は、男性で約 6000 歩/日、女性で約 4200 歩/日であると報告されている（Tudor-Locke et al., 2013）。一方で、我が国の国民健康栄養調査によると、日本人高齢者（60-69 歳）の歩数は、男性で約 7200 歩/日、女性で約 5000 歩/日であり（厚生労働省, 2011）、日本の高齢者はアメリカの高齢者よりも 1 日あたり 1000 歩以上多く歩いている。したがって、日本人高齢者のデータを引用すれば、基準値も当然異なってくる。我が国における高齢者の基準値をより詳しく検討するために、

日本人高齢者を対象とした身体活動量のデータを収集し、健康関連アウトカムとの関係に関するエビデンスを蓄積することは意義深い。

## 2. 疾患から生活機能に焦点を当てたアウトカムへ

身体活動基準 2013 に引用された 4 本の論文は、全て疾患やそのリスクに焦点が当てられている (table 1)。疾患は、高齢者の生活機能を著しく低下させる要因の 1 つであるが、高齢者の多くは、既に疾患を有していることに加えて、疾患を有していたとしても、それが必ずしも生活機能に直接悪影響を及ぼすとは限らない(厚生労働省, 2007)。また、健康日本 21 (第 2 次) では、「ライフステージに応じた健康づくり」を重視し、生活習慣病やがんなどの疾患予防だけでなく、高齢者の生活機能の保持を目標としている。以上の点を踏まえると、疾患やそのリスクだけでなく、生活機能そのものに着目した基準値も今後必要であると考えられる。

Table 1. 身体活動基準 2013 に引用された 4 本の論文.

1 <sup>st</sup> authors	Titles	Outcomes
Gregg EW (Ann Intern Med, 1998)	Physical activity and osteoporotic fracture risk in older women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group.	Osteoporosis fracture
Heesch KC (Arthritis Res Ther, 2007)	Relationship between physical activity and stiff or painful joints in mid-aged women and older women: a 3-year prospective study.	Joint stiff and pain
Ravaglia G (Neurology, 2008)	Physical activity and dementia risk in the elderly: findings from a prospective Italian study.	Dementia
Smith TL (J Am Geriatr Soc, 2010)	Effect of walking distance on 8-year incident depressive symptoms in elderly men with and without chronic disease: the Honolulu-Asia Aging Study.	Depressive symptoms

### 3. 方法論的課題

身体活動基準 2013 に引用された 4 本の論文は、自己報告によって身体活動量を評価している。自己報告による身体活動量の評価は、活動の「種目」や「相対強度」を把握する上で非常に有用であるが、活動の「絶対強度」や「量」そのものを評価する場合は、対象者の主観に左右されてしまうため、特に高齢者の身体活動を評価する上で、信頼性・妥当性が低いことが報告されている (Murphy, 2009)。

Troiano et al. (2008) は、American College of Sports Medicine (ACSM) が推奨する身体活動指標(中高強度身体活動を週当たり 150 分以上実践する)を充たしているか、NHANES の参加者に回答を求めところ、約 51%の成人が「指標を充たしている」と報告している。ところが、実際に加速度計を用いて身体活動量を測定してみると、ACSM の身体活動指標を充たしている高齢者は、わずか 2.4%であった (Troiano et al., 2008)。したがって、主観的な方法と客観的な方法で測定した身体活動量は、その測定値が大きく異なるため、客観的な測定機器である加速度計を用いて身体活動量を評価することも今後必要であると考えられる。

以上の 3 つの課題に着目した身体活動指標を検討することで、我が国の身体活動指針は、今後更に充実すると考えられる。

### 第3節 研究の目的

本研究の目的は、1) 高齢者の生活機能と身体活動の「絶対強度」や「量」そのものとの関連を明確にした上で、2) 生活機能の保持に向けた身体活動指標を作成し、3) 身体活動指標としての有効性を検討することとした。

## 第 4 節 研究の意義

### 学術的意義

前述したように、我が国の高齢期における身体活動指針は充実しつつあるものの、より一層の検討が求められている。本博士論文は、1) 日本人高齢者を対象とし、比較的大規模な対象者数から身体活動指標を検討している点、2) 高齢者の生活機能そのものに着目して指標を検討している点、3) 加速度計から身体活動量を評価している点について、それぞれいち早く取り組んでいることから、横断研究が中心であるものの学術的な意義は高いと考えられる。本研究課題が遂行されることで、我が国の身体活動指針の更なる充実に向けた有益な知見の 1 つとして活用されることが期待できる。

### 社会的意義

近年、携帯電話など情報通信機器の発達により、我が国における歩数計や身体活動量計の認知・保有・使用率は増加している。そのため、歩数計や身体活動量計を用いて自身の身体活動を管理している高齢者も増加していると考えられる。本研究課題で示される身体活動指標は、地域で独立した生活を営む高齢者が自分自身の身体活動を振り返る際に、その目安として活用されることが期待される。

## 第 5 節 用語の定義

本研究課題で使用する専門用語の概念的な定義を以下に示す。

### 1. 高齢者

世界保健機構では、暦年齢をもとに 0-4 歳を年少、15-64 歳を生産年齢、65 歳以上を高齢と定義しており、多くの先進国では 65 歳を基準にそれ以上の者を「高齢」または「old」とみなす場合が多い。我が国における定年退職年齢は、2013 年 4 月に策定された「改正高年齢者等雇用安定法」により、60 歳から 65 歳に引き上げられた。しかし、これまでの多くの高齢者の退職年齢が 60 歳であり、60 歳を契機に新たな人生のステージを開始している場合が多い。60 歳から 65 歳のライフスタイルも、その後の余生に大きな影響を及ぼすことが考えられることから、本研究では、60 歳以上を高齢者とみなして論を展開する (Scott et al., 2009; Seguin et al., 2012)。

### 2. 生活機能と機能制限

生活機能は、「地域で独立した生活を営む上で必要とされる活動能力」と定義する (古谷野ら, 1987)。生活機能は、ボランティア活動や近所付き合いに必要な社会的役割から、歩行や階段昇段、椅子からの立ち上がりに必要な日常生活動作までの様々な機能水準 (階層) によって構成されている (figure 1-3)。本研究では、「社会的役割」、「知的能動性」、「手段的自立」を高次生活機能、「日常生活動作」を低次生活機能とそれぞれ定義する (古谷野ら, 1987; Reuben et al., 1990)。社会的役割とは、

知人宅の訪問や病人の見舞い，若い人に自分から話しかける機能を指す．知的能動性とは，新聞や雑誌の購読，健康についての記事や番組に関心を示す機能を指す．

手段的自立とは，公共機関を利用した外出，日用品の買い物，食事の準備をする機能を指す．

日常生活動作は，「高齢者が自立した生活をおくるために要求される日常生活に関連した動作」と定義する (Reuben et al, 1990)．日常生活動作は，生活機能の中で最も低次の機能に位置づけられ，高次生活機能を遂行する上で基盤となる機能である．具体的には，「歩く，椅子から立ち上がる，バランスを保持する」など，基本的な生活動作を遂行する上で必要な機能である (Guralnik et al., 1994)．日常生活動作制限とは，「日常生活に関連した動作が制約された状態 (functional limitation: FL)」と定義する (Guralnik et al., 1993)．具体的には，日常生活に関連する動作に，何らかの理由で困難感を有している状態である．

### 高次(複雑)な機能

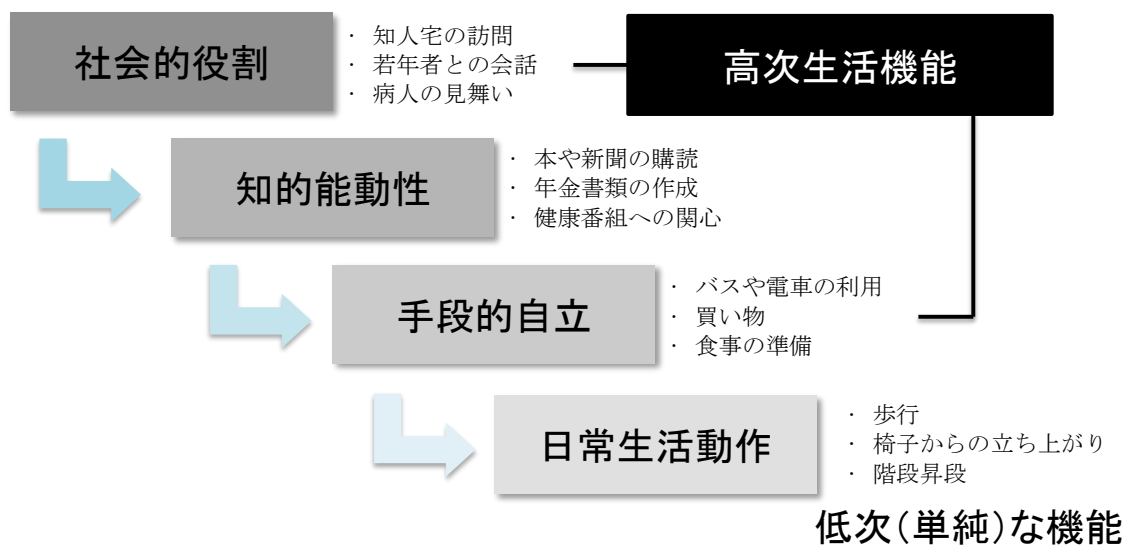


Figure 1-3. 生活機能の階層性 (古野谷ら, 1987; Reuben et al., 1990).



### 3. 身体活動と座位行動

身体活動は、「安静時と比較して活発な骨格筋の収縮活動によりもたらされるあらゆる身体的な動き」と定義する (Caspersen, 1985)。具体的には、移動や家事に伴う生活関連活動、ウォーキングや体操等に伴う余暇関連活動などに分類されるが、本研究ではそれら 2 つを含む活動（睡眠時と座位行動時以外のあらゆる覚醒行動）を身体活動と定義する。本研究では、身体活動を代謝当量から低強度身体活動と中高強度身体活動に分類した。代謝当量とは、安静時を「1 METs」とした場合に、各身体活動がどの程度の活動強度に相当するかを便宜的に示す単位である。本研究では、1.8-2.9 METs を低強度身体活動、3.0 METs 以上を中高強度身体活動時間とそれぞれ定義する (Gando et al., 2010; Kim et al., 2011)。

座位行動は、「覚醒時における非身体活動性のあらゆる行動」であり、具体的には、テレビの視聴や読書、パソコンの使用などの行動を指す (Pate et al., 2008)。座位行動と健康問題を専門的に研究するネットワーク機関である Sedentary Behaviour Research Network によると、座位行動は「座位および臥位における代謝当量が 1.5 METs 以下の全ての覚醒行動」と定義されている (Sedentary Behaviour Research Network, 2012)。しかし、本研究で用いた加速度計は、1.5 METs を感知するアルゴリズムが含まれていないため、最も近い値として 1.8 METs を採用し、「座位および臥位における代謝当量が 1.8 METs 以下のすべての覚醒行動」と定義する。

## 第2章

### 文献研究と研究課題の設定

#### 第1節 生活機能の測定・評価方法に関する研究

生活機能は、本研究の主要評価項目である。生活機能に関する様々な測定・評価方法の利点と欠点を把握することは、適切な研究方法を展開する上で重要である。第1章「用語の定義」で前述したように、本研究では、生活機能を高次生活機能（社会的役割、知的能動性、手段的自立）と低次生活機能（日常生活動作）に分類して、論を展開する。ここでは、高次生活機能と低次生活機能の測定・評価方法をいくつか紹介するとともに、本研究で用いる測定・評価方法を述べる。

##### 1. 高次生活機能の測定・評価方法に関する研究

高次生活機能の概念は、複雑で解釈が多岐に亘るため、予め構造化された質問紙によって測定・評価される場合が多い。Lawton & Brody (1969) が作成した instrumental activities of daily living scale (IADL scale) は、手段的日常生活動作能力を評価する上で、国際的に最も著名な質問紙である。IADL scale は、電話の使用、外出、買い物、食事の支度、家事、薬の正しい服用、金銭の管理によって構成されている。Lawton (1972) は、IADL よりもさらに高次の機能水準として、状況対応（創造的能力や探求心、好奇心）と社会的役割（養育、利他的行動、リーダーシップ）の重要性を提唱している。状況対応や社会的役割は、高齢者の社会参加をより

促進する上で重要な機能である。しかし、IADL よりも高次の機能を測定・評価可能な尺度は、著者が知る限り、機能的自立度評価表 (functional independence measure: FIM) (Granger et al., 1993) と老研式活動能力指標 (古谷野ら, 1987) 以外見当たらない。FIM は、基本的な日常生活動作 13 項目 (食事, 整容, 清拭, 更衣 (上下), トイレ動作, ベッドへの移乗, トイレへの移乗, 浴槽への移乗, 排尿コントロール, 排便コントロール, 車椅子・歩行での移動, 階段での移動) と, 対人コミュニケーション能力や社会的認知に関連する 5 つの項目 (理解, 表出, 社会的交流, 問題解決, 記憶) から構成される 2 次元尺度である。FIM は、各項目を 1-7 点 (合計 18-126 点) の範囲で評価し、リハビリ専門職による機能的自立度の詳細な評価が可能である反面、測定の簡便性に欠ける。また、FIM の対人コミュニケーション能力や社会的認知機能は、認知症患者を対象としているため、Lawton (1972) が提唱する状況対応や社会的役割と概念上異なる。

老研式活動能力指標は、「社会的役割」、「知的能動性」、「手段的自立」から構成される多次元尺度である。社会的役割 4 項目 (友達の家を訪ねることがあるか、家族や友達の相談にのることがあるか、病人を見舞うことがあるか、若い人に自分から話しかけることがあるか)、知的能動性 4 項目 (年金などの書類が書けるか、新聞などを読んでいるか、本や雑誌を読んでいるか、健康についての記事や番組に関心があるか)、手段的自立 5 項目 (バスや電車を使って一人で外出できるか、日用品の買い物ができるか、自分で食事の用意ができるか、請求書の支払いができるか、

銀行預金・郵便貯金の出し入れが自分でできるか) から構成される。「はい (1点)」, 「いいえ (0点)」の2件法で回答する13の質問項目から, 次元別の得点 (社会的役割4点, 知的能動性4点, 手段的自立5点) を算出することができる。老研式活動能力指標は, これまで多くの先行研究で頻用されており (Fujiwara et al., 2003; Fujiwara et al., 2003; 田中ら, 2006; Katsumata et al., 2011; Shinkai et al., 2000), かつ, 信頼性や妥当性が十分に検討されている (Koyano et al., 1991; 古谷野ら, 1992; 藤原ら, 2003)。以上の理由から, 本研究では, 高齢者の高次生活機能を老研式活動能力指標によって測定・評価することとした。

## 2. 日常生活動作の測定方法に関する研究

日常生活動作の測定・評価方法は, 質問紙法とパフォーマンステストに大別される。Barthel index (Mahoney and Barthel, 1965) や Katz index (Katz et al., 1963), Kenny self-care evaluation (Schoening et al., 1968) は, 代表的な質問紙である。これらの質問紙は, 質問内容が明確で, 短時間で多くの対象者を測定できる反面, 地域で自立した生活を営む高齢者を対象に評価すると, 天井効果が現れる場合が多い。その一方で, パフォーマンステストは, 身体的な加齢変化に対する鋭敏性に優れているため, 質問紙と比較して, 天井効果や床効果が現れにくい。また, 検者の教示やライフスタイルなどの影響を受けにくく, 客観性に優れることことから, 地域高齢者における日常生活動作の測定・評価に頻用されている (Guralnik et al., 1989)。パフォーマンステストを用いた高齢者の機能評価は, 行政の施策や介護施設などで

も取り入れられており、供給する支援サービスの種類の決定にも利用されている (Spirduso, 1995)。パフォーマンステストを通して、高齢者本人にアドバイスを直接提供でき、実践的な運動指導への活用も可能である (重松ら, 2000)。以上の理由から、本研究では、日常生活動作をパフォーマンステストから測定・評価することとした。

高齢者のパフォーマンステストは、1990年台を境に国内外で多く作成されてきた (Reuben et al., 1990; Guralnik et al., 1994; Cress et al., 1996., 金ら, 1993; Tanaka et al., 1994; Kim and Tanaka, 1995; 重松ら, 1999, 2000; 藪下ら, 2004; 清野ら, 2009)。国外では、Reuben et al. (1990) が、初めて高齢者の日常生活動作に関連するパフォーマンステスト (the physical performance test: PPT) を作成した。PPT は、「食事の模倣」や「上着の着脱」、「階段昇降」などの9の生活関連動作の所要時間を計測し評価している。Cress et al. (1996) が作成した continuous-scale physical functional performance (CS-PFP) は、「床掃除」や「洗濯」、「買い物」「バスへの乗降」などの16の生活関連動作を、時間や重さを変え計測することで、パフォーマンスを評価している。CS-PFP は総合得点を算出するだけでなく、「上肢の力」「上肢の柔軟性」「下肢の力」「バランス&調整力」「持久力」の5つの要素によって評価できる利点を有している。Guralnik et al. (1994) が作成した a short physical performance battery (SPPB) は、臨床研究において、最も頻用されているパフォーマンステストであり、パフォーマンステストの遂行が困難な虚弱高齢者を対象に用いられている (Penninx et al.,

## 第2章 文献研究と研究課題の設定

2000; Onder et al., 2005; Rolland et al., 2006; Pahor et al., 2006). SPPB は, 0-12 点のカテゴリ変数によって評価され, SPPB が, 4-6 点の者は 10-12 点の者に比べ, 4 年後に約 4.2 倍, 日常生活動作障害に陥りやすいと報告されている (Guralnik et al, 1994, 1995). 我が国では, 金ら (1993) が因子分析を用いて, 高齢者の日常生活における活動能力を 4 つ (全身の移動, 上肢の操作, 手指の操作, 起立・姿勢変換) に分類し, その仮説構造を基にテストバッテリーを作成した. 金ら (1993) のテストバッテリーをもとに, 重松ら (1999, 2000), 藪下ら (2004), 清野ら (2009) がこれまで推敲を重ねてきた. 重松ら (1999, 2000) は地域で簡便に評価できることを目的に, 藪下ら (2004) は元気な高齢者を対象に, 清野ら (2009) は要介護のリスクが高い高齢者の選定を目的に, 各々作成されている.

パフォーマンステストと高齢者の健康予後に関する系統的レビューによると, 移動や椅子からの立ち上がり, 開眼片足立ちなど下肢に関連するパフォーマンステストは, 高齢者の健康予後を最もよく予測することが報告されている (Cooper et al., 2011). これは, 高齢者では上肢よりも下肢の方が, 日常生活での使用頻度が少ないため, その低下度が高齢者の健康予後に反映されやすいためであると考えられる. 実際に加齢に伴う筋力低下は, 上肢と比較して下肢が著しい (Lynch et al., 1999). したがって, 高齢期における下肢のパフォーマンステストは, 高齢者の日常生活動作の機能性を如実に反映していると考えられることから, 本研究では, パフォーマンステスト 7 項目 (5 回椅子立ち上がり, timed up and go, 開眼片足立ち, 30 秒椅子

## 第2章 文献研究と研究課題の設定

立ち上がり、ステップテスト、6分間歩行、最大等尺性膝伸展筋力) から、日常生活動作を評価することとした。

## 第2節 身体活動の測定・評価方法に関する研究

本研究では、身体活動を重要な暴露要因として用いているため、主要評価項目と同様、様々な測定・評価方法について利点と欠点を把握することは、適切な研究方法を展開する上で重要である。身体活動を定量化する場合、その測定・評価方法は、目的によって大きく異なる。生理学的な実験研究では、「kcal」や「joule」という単位を用いて、「行動に伴うエネルギー消費量 (energy expenditure)」が測定・評価される。エネルギー消費量を厳密に測定するため、呼気ガス分析器や二重標識水といった高価な機器や試薬だけでなく、高度な分析技術を必要とする。一方で、身体活動基準 2013 などの公衆衛生勧告や介護予防事業といった健康支援現場では、「行動そのもの (behaviour)」が測定・評価されている。これは「分」や「歩」といった分かりやすく実用性のある単位で定量化し、対象者 (国民) のインセンティブを引き出すことに注力している (大須賀 and 笹井, 2013)。本研究では、比較的大規模な (1,000 人以上) 高齢者の身体活動量を測定・評価するため、「行動そのもの (behaviour)」を中心に、測定・評価方法を概説する。

### 1. エネルギー消費量 (energy expenditure) の測定・評価方法

エネルギー消費量は、直接熱量測定法と間接熱量測定法、二重標識水 (doubly-labeled water: DLW) 法によって測定・評価される。

直接熱量測定法は、体表面から放散する熱量をそのまま測定する方法であ



り, エネルギー消費測定の基本である. その中でもヒューマンカロリメーターは, 代表的な直接熱量測定法の測定機器である. この測定機器は, 測定室内の対象者が放射する熱を, 室内にはりめぐられた管を流れる水の温度から測定する. 室内で発生した水蒸気から呼吸等の水蒸気の気化熱を測定するとともに, 体温の変化も考慮して, エネルギー消費量を測定する. 測定精度は極めて高い一方で, 大型の実験設備 (6 畳ほどの個室) が必要であり, 活動内容も限定される (田中, 2006).

間接熱量測定法は, 身体活動時の呼気を測定し, エネルギー消費量を推定する方法である. エネルギー消費に利用された酸素量と発生した二酸化炭素およびタンパク質の分解に基づく尿中窒素排出量から, エネルギー消費量を推定する. 代表的な間接熱量測定法に, ダグラスバッグ法, ミキシングチャンバー法, ブレスバイブレス法がある. これらの測定法は, 呼吸交換比から, 体内で消費した糖質・脂質・タンパク質量を推定することも可能である. ヒューマンカロリメーターと比較して, 対象者に与える制限が少ないことに加え, 正確な測定も可能である. 一方で, 熟練した測定技術を必要とすることや, マスクやマウスピース等を用いるため, 対象者に多少の煩わしさを与えることもある.

二重標識水法は,  $2\text{H}$  と  $18\text{O}$  を経口摂取し, 1-2 週間程度にわたる二酸化炭素産生量の推定値と食物商から, エネルギー消費量の平均を推定する測定方法である (Scoeller et al., 1986; Speakman et al., 1998). この測定法は, 被験者に安定同位体に富んだ水の服用と, 数回の尿もしくは唾液のサンプリングを課すのみで, 日常生

活への介入を最小限にとどめることができ、比較的長期間のエネルギー代謝動態を追跡できるという特徴を併せ持つ（海老根ら, 2002）。また、ヒューマンカロリメーターを基準として、十分な正確度（accuracy）と精密度（precision）を持つことが知られている（齋藤ら, 1999）。しかし、1日のエネルギー消費量は、1-2週間の二酸化炭素生産量から推定したエネルギー消費量の代表値として算出されるため、短期間のエネルギー消費量の評価ができない。加えて、身体活動の種類、強度、頻度、時間を評価できないといった点や、二重標識水が非常に高価でしかも入手が困難であること、安定同位体の濃度を正確に測定するのは容易ではなく、高度な測定技術を要することから、ごく限られた研究グループが採用しているに過ぎない（田中, 2006）。

## 2. 行動そのもの（behaviour）の測定・評価方法（大須賀・笹井, 2013）

行動そのものの評価法は、身体活動記録法と身体活動ログ法、質問紙法、歩数計法そして加速度計法に大別される。

身体活動記録は、対象者が測定期間中の活動様式、時間、強度等の情報を記録用紙にリアルタイムで記述する方法である。一方、身体活動ログは、調査側が特定の活動に焦点を当て作成したチェックリストをもとに、対象者が通常1日単位で過去を振り返り、身体活動を記録する方法である。両法とも、一般的な身体活動質問紙と比較して様々な身体活動量を測定することが可能であり、スポーツやレク

## 第2章 文献研究と研究課題の設定

リエーションなどの余暇身体活動量を測定する上で古くから頻用されている (Ainsworth et al., 1993). 21 種類におよぶ活動タイプの代謝当量が示されたコード表 (Ainsworth et al., 2011) を基に、時間や頻度を乗じることで、余暇身体活動におけるエネルギー消費量を簡易に推定できる。ただし、身体活動記録では、実践した活動を対象者が詳細に記録する必要があり、対象者に多くの労力を強いるため、子どもや認知機能が低下した高齢者を対象とした調査には不向きである。身体活動ログでは、過去を振り返って記入することから、過大申告や過少申告といった想起バイアスが生じることに留意する必要がある。

質問紙法は、一定期間内における対象者の平均的な身体活動状況を、あらかじめ指定された質問項目に沿って回答する方法である。この方法は、身体活動ログに比べて時間の制約が少なく、安価であるため、これまで大規模な集団の身体活動量を測定する上で頻用されてきた。質問紙で測定した身体活動量は、二重標識水法や加速度計法によって測定された身体活動量と概ね相関するが、必ずしも実測値が一致するわけではない。これは、対象者が主観に基づいて回答するため、想起バイアスによって生じる誤差であると考えられる。したがって、集団の身体活動を測定する際は有用であるが、個人の身体活動量の測定には不向きである。また、対象集団の特性に応じて、適切な質問紙を選択しなければ内容的な妥当性は低下する。質問紙を選択する際は、想起期間（過去1週間なのか、過去1ヵ月間なのか）や活動内容の構成（移動、仕事、家事、余暇活動など活動様式に着目しているのか、あ

## 第2章 文献研究と研究課題の設定

るいは強度に着目しているのか), 活動量の単位 (kcal なのか, 時間なのか) など留意すべき点がいくつかある。世界で最も広く使われている質問紙に, 世界保健機構のワーキンググループが開発した国際標準化身体活動質問票 (international physical activity questionnaire: IPAQ) が挙げられる (Craig et al., 2003; Craig et al., 2006)。IPAQ は村瀬ら (2002) によって日本語版も作成され, 信頼性および妥当性が検証されている。また, 近年我が国で注目を集めている質問紙に, 内藤ら (2007) が大規模循環器疾患コホート研究用に開発した公益信託日本動脈硬化予防研究基金統合研究質問紙 (Japan Arteriosclerosis Longitudinal Study-physical activity questionnaires: JALSPAQ) がある。JALSPAQ は DLW 法で算出した推定エネルギー消費量との相関係数が 0.7 以上という, 質問紙としては非常に高い相関が認められている (内藤ら, 2009)。しかし, 両者とも高齢者を対象とした質問紙ではない。高齢者の身体活動量の測定・評価する質問紙は, これまでいくつか作成され, 妥当性および信頼性が検証されている (Stewart et al., 2001; Dipietro et al., 1993; Washburn et al., 1993; Yasunaga et al., 2007)。高齢者の身体活動量評価に, 国内外で頻用されている代表的な質問紙法を table 2-1 にまとめた。

Table 2-1. 国内外で頻用されている高齢者の身体活動質問紙.

	Physical Activity Survey for the Elderly (PASE)	Yale Physical Activity Survey (YPAS)	The Community Healthy Activities Model Program for Seniors Questionnaire (CHAMPS)
調査方法	自己記入式	面談式	自己記入式
所要時間	5分	20分	15分
想起期間	過去7日間	過去1ヵ月間の内、典型的な1週間	過去1ヵ月間の内、典型的な1週間
単位	・ PASEスコア	・ 時間 (hour/week) ・ エネルギー消費量 (kcal/week) ・ 強度別の活動量	・ エネルギー消費量 (kcal/week) ・ 強度別の活動量

Stewart et al. (2001) が作成した community healthy activities model program for seniors (CHAMPS) は身体活動の中でも、とりわけ運動に着目した質問紙であり、1週間あたりの身体活動量をエネルギー消費量として算出できるという利点を有している。また、他の質問紙が疫学調査用であることに対し、CHAMPS は介入研究でもその反応性が検証されている。さらに、他の質問紙に比べ、唯一 DLW 法と有意な相関 ( $r = 0.28$ ) が得られている (Colbert et al., 2011)。Dipietro et al. (1993) が作成した yale physical activity survey (YPAS) は、総合得点と最大酸素摂取量との相関係数が 0.58 という質問紙としては高い妥当性を有している。また、季節を調整した得点を算出することが可能である。Washburn et al. (1993) が作成した、physical activity scale for the elderly (PASE) は他の質問紙に比べ、項目が少なく最も簡便であり、5分程度で終了できることが報告されている。そのため、疫学調査に頻用されている。しかし、多くの質問紙が過去 1 ヶ月間の平均的な週の身体活動の実践状況を回答するのにに対し、PASE は過去 1 週間の実践状況について回答することから、想起期間が短い分、実践状況に偏りが生じている可能性や、習慣的に実践していない身体活

動を含めてしまう恐れがある。Yasunaga et al. (2007) が作成した the physical activity questionnaire for elderly Japanese (PAQ-EJ) は、日本人高齢者を対象に作成されたため、日本人のライフスタイルを反映した上で、身体活動量を評価することができる。

歩数計法は、ヒトの歩行時の衝撃を感知して歩数を計測し、歩数や歩行距離を推定する方法である。歩数計が歩数を感知する仕組みは、「振り子式」と「加速度センサ式」に大別される。振り子式は、歩数計の内部に振り子（レバーアーム）がバネで水平に固定されており、歩いた振動に応じて振り子が上下に動き、電気回路を開閉することを利用して歩数をカウントしている (figure 2-1)。比較的単純な構造であることから、電池の持ちが良く、安価である点が長所である。一方、歩数計の軸が水平方向を向いていると、歩数をカウントできないことから、正しい向きで装着する必要がある。また、歩数をカウントする感度が高くないため、ゆっくりとした歩行では、歩数の精度が低くなる。加速度センサ式は、一定時間あたりの速度変化を計測し、機種独自のアルゴリズムに基づき歩数を計測している。最近では、振動が歩行によるものなのかどうかを判別する機種もあり、振り子式と比較して感度が高いため、歩数を精確に測定できる。歩数値は、多くの国民にとって馴染み深い測定値であることから、行動変容を支援するための指標や介入研究でのモニタリング指標としての使用率が高くなっている (大須賀 and 笹井, 2013)。

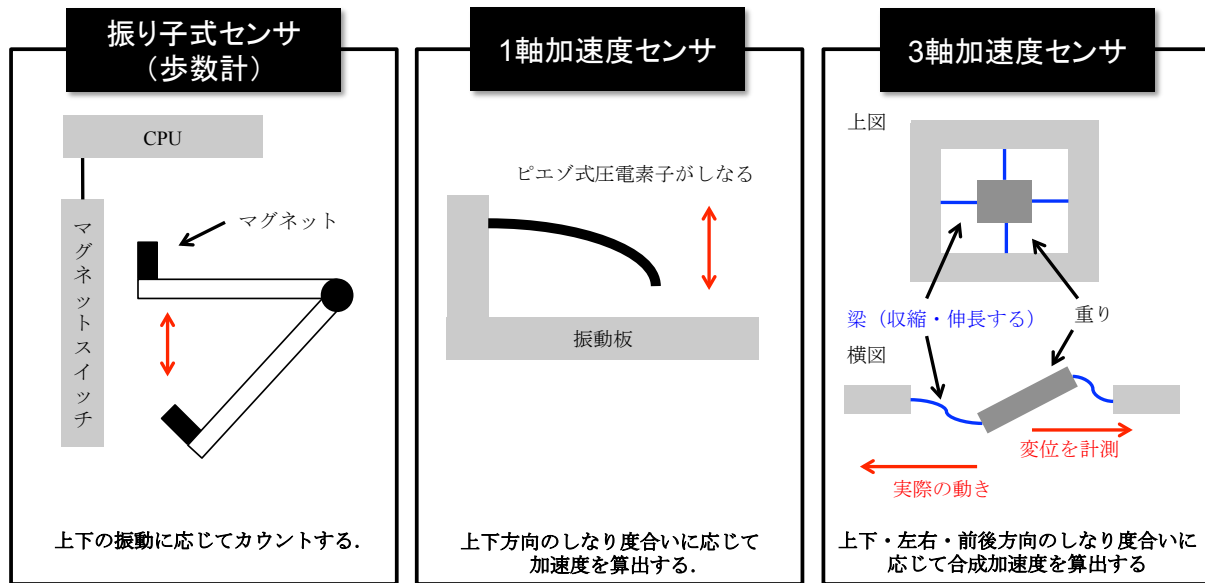


Figure 2-1. 振り子式センサ，1軸加速度センサ，3軸加速度センサの測定原理

加速度計（加速度計付き活動量計）は、主に鉛直方向の加速度情報を任意の間隔（エポック長）で集計し、独自のアルゴリズムに基づいて、活動強度・頻度・パターンなどの活動様式を客観的に測定できる（figure 2-1）。サイズは、歩数計と同じかポケットベル程度である。近年、鉛直方向だけでなく前後方向と左右方向の加速度情報を捉えることが可能な三軸加速度計が開発され、中高強度だけでなく、低強度の活動も精確に測定することが可能となった。加速度計は、腰部に装着することが一般的であり、歩行やジョギングなど下肢を主体とする活動量を精確に測定することが可能である。一方で、上肢の動きが主体となる活動や水中活動、傾斜・階段での歩行活動、自転車での活動については、精度・確度が低下する。また、加速度情報から活動様式を詳細に判定することが難しいなどの限界もある。さらに、質問紙と比較して高価（1台1～4万円程度）であり、大規模なフィールド調査には適用することが難しい。加速度計の機種によって測定軸数や測定範囲，エポック長，

測定周波数などが異なることも留意する必要がある(大須賀 and 笹井, 2013). 国内外で頻用されている加速度計を table 2-2 と table 2-3 にまとめた.

Table 2-2. 国内で頻用される加速度計

製品名	ライフコーダEX	Active Style Pro HJA-350IT	アクティマーカー
製造会社	株式会社スズケン	オムロンヘルスケア株式会社	パナソニック電工株式会社
寸法 (幅, 厚さ, 高さ)	72.5 × 27.5 × 41.5 mm	74 × 34 × 46 mm	74.5 × 13.4 × 34.0 mm
重量	60 g	60 g	36 g
装着部位	腰部	腰部	腰部
測定範囲	0.06-1.94 G	± 6 G	± 2 G
測定軸数	1軸	3軸	3軸
記録周波数	32 Hz	32 Hz	20 Hz
エポック長	2分	10秒, 1分	1分
測定可能日数	200日	30日 (10秒), 150日 (1分)	180日
電池寿命	3.5ヵ月	2ヵ月	2ヵ月
主に利用される地域	日本	日本	日本
解析ソフト	ライフコーダEX通信ソフト	オムロン健康管理ソフト BI-LINK 活動量編 PROFESSIONAL EDITION Ver1.0	アクティマーカー解析ソフト
特殊な機能		歩行と生活活動の判別	

Table 2-3. 国外で頻用される加速度計

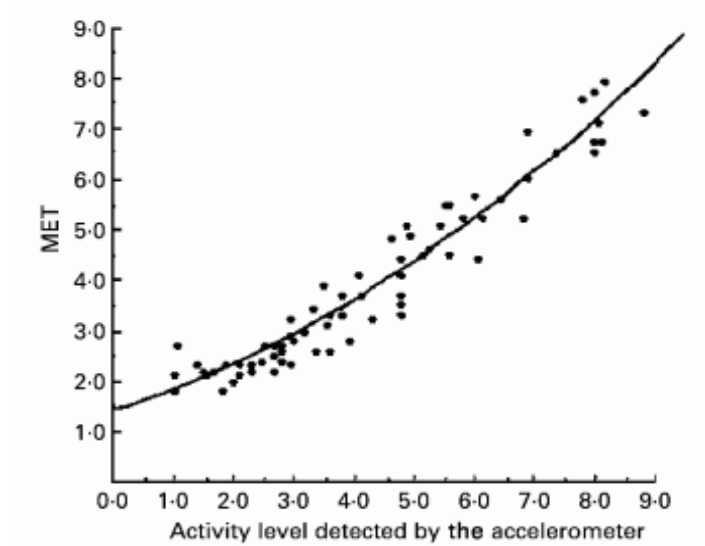
製品名	GENEActive	ActiGraph GT1M	ActiGraph GT3X+
製造会社	ActivInsights	ActiGraph Limited	ActiGraph Limited
寸法 (幅, 厚さ, 高さ)	43 × 40 × 13 mm	53 × 51 × 22 mm	46 × 15 × 33 mm
重量	20 g	27 g	19 g
装着部位	手首, 上腕, 足首, 胸部	腰部	腰部, 手首, 足首
測定範囲	± 8 G	± 2.5 G	± 6 G
測定軸数	3軸	1軸	3軸
記録周波数	10-100 Hz	30 Hz	30-100 HZ
エポック長	30秒	1-60秒	4分まで
測定可能日数	45日 (10 Hz)	14日	40日 (30 Hz)
電池寿命	-	2ヵ月	1ヵ月
主に利用される地域	北米, 欧州	日本	北米, 欧州
解析ソフト	GENEActiv PC Software	ActiLife 6	ActiLife 6
特殊な機能	防水		Wireless心拍数との連結, 耐水, 傾斜計



## 第2章 文献研究と研究課題の設定

身体活動量を測定する場合、測定の精度とともに調査の実現可能性を十分に考慮しなければならない。調査に必要な人的資源、経済的資源、時間の制約を考慮しつつ測定方法を適切に選択する必要がある。加速度計は、加速度センサの性能の向上・小型化・軽量化が進んでいることに加え、メモリ容量も大幅に増大されている（最大200日程度）。日常生活への影響を最小限に抑えるとともに、長期間の調査が可能となっているため、フィールド調査での身体活動の測定・評価方法として近年最も注目されている（中田, 2011）。以上の理由から、本研究では加速度計法によって身体活動量を評価することとした。

加速度計は、日本人を対象とした研究で最も頻用されているライフコーダ（スズケン社製）を用いて評価することとした。ライフコーダから推定される身体活動量は、加速度計内の回帰式に基づき算出されている。回帰式は、加速度計が感知する信号レベルから、それぞれ異なる6つ歩行速度と3つ走行速度でトレッドミル上を歩いた（走った）際のエネルギー消費量（METs）を予測している。歩行・走行時の実測METsを予測する加速度計の推定METs式（回帰式）の説明力は約93%であり、良好な精度を有している（Figure 2-2）。歩行時以外の動作は、過小評価するという欠点を有しているものの、高齢者の主要な身体活動は歩行であることから、おおよその身体活動量を測定・評価する上で、ライフコーダは他の測定方法と比較して有用であると考えられる。



**Fig. 5.** The relationship between measured metabolic equivalents (MET) and the activity levels recorded by the accelerometer (Life-corder; Suzuken Co. Ltd, Nagoya, Japan) at a velocity ranging from 2.4 to 7.8 km/h ( $n$  10) (study 2). For details of subjects and procedures, see Table 1 and p. 237. The quadratic equation regression was calculated as follows:  $r^2$  0.929;  $P < 0.001$ , standard error of the estimate 0.46 MET.

Figure 2-2. 歩行・走行時の実測 METs と加速度計の推定 METs 値 (Kumahara et al., 2004).

### 第3節 生活機能の階層性と身体活動量との関連

#### 1. 高次生活機能と身体活動量との関連

Fujiwara et al. (2003, 2003) は、加齢に伴う生活機能の低下を8年間追跡し、一般的な地域高齢者の生活機能は、社会的役割、知的能動性、手段的自立、日常生活動作能力の順で、高次な機能から低下すると報告した（生活機能低下の階層性）。社会的役割・知的能動性の低下を認めてから日常生活動作の低下を認めるには、平均で約10年のタイムラグがあることから、日常生活動作の低下は、高次な生活機能の低下を抑制することで理論的には抑制可能であると考えられる（新開, 2009）。

高齢者の身体活動量と日常生活動作との関連を検討した研究（Brach et al., 2004; Pahor et al., 2006; Yasunaga et al., 2006; Aoyagi et al., 2009; Chale Rush et al., 2010）は、比較的多い一方で、身体活動量と高次生活機能との関連を検討した研究は少ない（田中ら, 2006）。田中ら（2006）は、地域に在住する日本人高齢者330人を対象に、質問紙によって評価された身体活動レベル（physical activity level: PAL）と高次生活機能との関連性を横断的に検討した。その結果、PALが低値である者は、知的能動性および社会的役割が低下状態にあることが示された。したがって、少ない身体活動量は、低い生活機能と関連すると考えられる。

しかし、1) 身体活動量の評価に質問紙を利用しており、客観的な評価指標である加速度計を用いて、高次生活機能との関連を検討していないこと、2) 高次生活機能の階層性と身体活動の強度との関連を検討していないといった課題を有して

いる。これまで、ボランティア活動など社会的役割を担う活動が、高齢者の高次生活機能を維持するうえで有効であることが報告されており (Fried et al., 2004; Tan et al., 2006; Tan et al., 2009; 藤原ら, 2005; 島貫ら, 2006), 活動の「質」が着目されてきた。その一方で、日常生活における活動の単純な「強度」や「量」が高次生活機能に影響するかどうかは検討する余地が残されており、活動の「絶対強度」や「量」そのものを客観的に評価することが可能な加速度計を用いて高次生活機能との関連性を検討する必要がある。新開 (2006) は、1日のエネルギー消費量を従属変数、高齢者の生活活動7項目 (睡眠・不活動的余暇・家事・歩行/自転車・活動的余暇・仕事・運動)のエネルギー消費量を独立変数とした重回帰分析をおこなったところ、高齢女性では「家事」と「活動的余暇」の2項目で1日のエネルギー消費量の全分散の56%が説明されたと報告している。若年者と比較して低強度身体活動時間の割合が多いとされる高齢者の場合、家事や余暇活動など、低強度身体活動時間の多寡も高次生活機能と関連する可能性がある。また、高次生活機能は、加齢に伴い高次 (複雑) な機能 (社会的役割, 知的能動性, 手段的自立) から階層的に低下するが (Fujiwara et al., 2006; Fujiwara et al., 2006;), これら3つの階層と日常的な身体活動強度との関連を検討する余地が残されている。

## 2. 日常生活動作と身体活動量との関連

高齢期における日常生活動作の低下は、加齢による不可避的要因と、身体

的要因(関節炎(Onder et al., 2006; Hubscher et al., 2010)や過体重(Davison et al., 2002), 低筋量・低筋力(Visser et al., 2005)), 心理的要因(抑うつ(McDermott et al., 2003)), そして身体活動量の低下が関連すると報告されている(Brach et al., 2004; Pahor et al., 2006; Rejeski et al., 2009; Chale Rush et al., 2010). 高齢者であっても, 定期的に身体活動を実践すると, 日常生活動作の予後は良好な状態に保たれることが, 多くの疫学研究によって報告されてきた(Peterson and Warburton, 2010). それらの報告のすべては, 身体活動量を自己報告によって評価している. 自己報告による身体活動の評価は, 身体活動のタイプや期間, 頻度を把握する上で有益である反面(Washburn et al., 1993; Yasunaga et al., 2007), 想起バイアスの影響を受けやすいことが報告されている. 特に高齢期では, 健康状態や気分, 抑うつ, 認知機能等の問題を若年者よりも強く受けるため, 身体活動の「量」や「強度」そのものを正確に評価する際は, 前述したとおり, 客観的な機器である加速度計を用いて測定することが望ましい(Murphy, 2009).

#### 2-1. 日常生活動作と総身体活動量, 中高強度身体活動時間との関連

高齢者の日常生活動作と加速度計によって評価した身体活動量との関連を検討した先行研究は, 著者が知る限り, これまで5件報告されている(Gerdhem et al., 2008; Puthoff et al., 2008; Zalewski et al., 2009; Aoyagi et al., 2009; Morie et al., 2010) (table 2-4).

Table 2-4. 日常生活動作と加速度計によって評価された身体活動量との関連.

1 <sup>st</sup> authors	N	Age (ave)	Sex	Significant associations	Non-significant associations
<b>Gerdhem P</b> (Eur J Appl Physiol, 2008)	57	80.1	Women	Maximal walking speed	Isometric knee muscle strength Balance
<b>Puthoff ML</b> (J Geriatr Phys Ther, 2008)	30	77.3	5 men 25 women	Strength Peak power Power at a low relative intensity Power at a high relative intensity	
<b>Zalewski KR</b> (Arch Phys Med Rehabil. 2009)	59	83.8	Not described		Preferred walking speed Maximal walking speed Six-minute walking test
<b>Aoyagi Y</b> (Gerontology, 2009)	170	72.6	76 men 94 women	Preferred walking speed Maximal walking speed Pak knee extension torque	Peak handgrip force Balance
<b>Morie M</b> (J Am Geriatr Soc, 2010)	82	74.1	Men	The short physical performance battery A lift-and-lower task Aerobic capacity	Muscle strength Muscle power

それらの報告によると、総身体活動量や一定の強度を有する身体活動（中高強度身体活動時間）が多いと、日常生活動作も良好であることが示されている（Gerdhem et al., 2008; Aoyagi et al., 2009）。しかし、1) いずれの研究も対象者数が少なく（研究対象者数は200名に満たない）、日常生活動作と加速度計によって評価された身体活動量が関連するか一致した見解は得られていない。2) また、加速度計によって評価された身体活動量がその他の交絡要因（疾患や疼痛など）から独立して日常生活動作と関連するか十分に検討されていない。

#### 日常生活動作と低強度身体活動時間との関連

高齢者の日常生活時間の内訳は、低強度身体活動時間が21.3%を占め、中高強度身体活動時間は、1%未満であることが報告されている（Arnardottir et al., 2013）。低強度身体活動時間は、中高強度身体活動時間の20倍以上にあたるため、中高強度身体活動だけでなく、家事や散歩など低強度身体活動も、高齢者の日常生

活動と有意に関連する可能性がある。Buman et al. (2010) は、The Senior Neighborhood Quality of Life Study に参加した 65 歳以上の高齢者 862 名を対象に、自己報告による下肢機能評価と加速度計評価による身体活動量との関連を混合効果モデルによって横断的に検討した。その結果、共変量で調整しても、長い低強度身体活動時間は、良好な下肢機能自己評価と関連すると報告している。したがって、中高強度身体活動時間に限らず、低強度身体活動時間を確保することで、高齢者の日常生活動作を良好に維持できる可能性があると考えられるが、Buman et al. (2010) の調査では、下肢機能を自己報告から評価しており、客観的な手法による下肢の機能評価を今後の研究課題としている。

### 日常生活動作と座位行動時間との関連

テレビ視聴や読書といった座位行動時間は、覚醒時における活動の中で最も大きな割合を占める活動 (74.5%) であるにも関わらず (Arnardottir et al., 2013)、座位行動そのものが高齢者の健康状態に及ぼす影響について検討した研究は少ない (Seguin et al., 2012)。Seguin et al. (2012) は、Women's Health Initiative Observational Study に参加した 50-79 歳の中老年アメリカ人女性 61,609 名を、平均で 12.3 年間追跡し、座位行動時間と自己評価による身体機能の縦断的な関連性を調査した。その結果、年齢や総身体活動量等で調整しても、座位行動時間が長いと数年後の身体機能に対する自己評価が有意に低くなると報告している。長すぎる座位行動時間は、高齢期における日常生活動作の低下に関連する独立した危険因子の 1 つであると考

## 第2章 文献研究と研究課題の設定

えられるが、Seguin et al. (2012) の調査では、座位行動時間を自己報告から評価している。高齢期の1日に占める活動の大部分は座位行動であり (Arnardottir et al., 2013), 高齢者が自身の座位行動時間を正確に回想し、質問紙に回答するのは難しいと考えられるため、客観的な手法による座位行動時間の評価が今後の研究課題であろう。



#### 第4節 機能制限を反映する身体活動量の閾値

高齢期における日常生活動作は、加齢に伴い低下し、ある一定の閾値に到達すると「日常生活動作制限 (functional limitation: FL)」に陥る。日常生活動作制限は、高齢者が日常生活動作（例えば、移動や階段昇段、椅子からの立ち上がりなど）に困難性を有している状態と定義され (Guralnik et al., 1993)、この状態は、転倒 (Tinetti et al., 1988) や日常生活動作障害の発生 (Guralnik et al., 1996) や、入院 (Studenski et al., 2003)、Qol 悪化 (Wilson et al., 1995) の予測因子となりうることが報告されている。加齢に伴う日常生活動作制限の発生は、不可避であるが、日常的に身体活動を実践することで、その発生を先送りさせることができる (Brach et al., 2004; Pahor et al., 2006; Rejeski et al., 2009; Chale Rush et al., 2010)。Paterson & Warburton (2010) は、高齢期における機能制限と身体活動に関する様々な疫学研究を統合し、ベースライン時の身体活動量と機能制限の発生リスクとの関連について検討した。その結果、ベースライン時に、150-180 分/週の中高強度身体活動を実践している群の機能制限の発生リスクは、身体活動が最も少ない群と比較して 30%以上有意に低いことが示された。「少ない身体活動量」は、日常生活動作制限の独立した危険因子であると考えられるが、日常生活動作制限を反映する具体的な身体活動量の閾値は、十分に検討されていない (Aoyagi and Shephard, 2010)。日常生活動作制限の発生リスクは、身体活動量の増加に伴い量・反応依存的に減少すると考えられるが、少なすぎる活動量では床効果が生じ (効果が見込めない)、多すぎる活動量

でも天井効果（効果が変わらない）が生じると考えられる。このように、身体活動量と機能的制限発生リスクとの関係性は、直線的な量・反応関係ではなく、ある一定の閾値から変化するような曲線関係（シグモイド曲線）にあると考えられるため、日常生活動作制限のリスクの減少に効果的な閾値を検討する必要がある（Aoyagi and Shephard, 2010）（figure 2-3）。

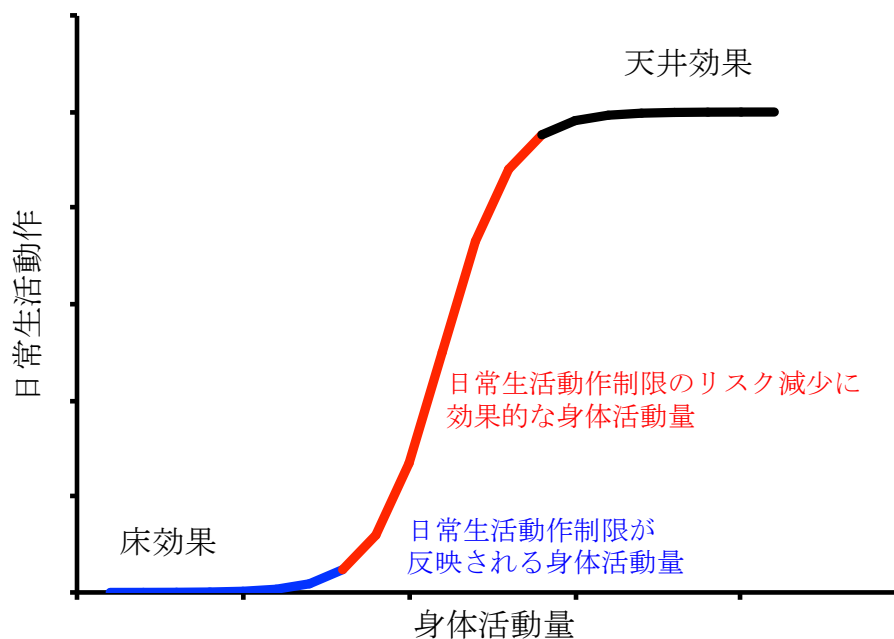


Figure 2-3. 日常的な身体活動量と日常生活動作との曲線関係.

注：著者の研究仮説をもとに作成.

以上のことから、日常生活動作制限の該当率が有意に高くなるような身体活動量の閾値を検討する必要があると考えられる。大須賀ら（2012）は、地域に在住する日本人高齢女性 515 名の運動習慣と体力の関連から、身体的な虚弱が疑われる高齢者の運動量の閾値を検討した。その結果、低体力状態を最もよく反映する運動量は、5.1 METs・時/週であることが示され、体力の低下予防に望ましい運動量の閾値が示された（figure 2-4）。大須賀ら（2012）は、運動量だけでなく生活活動をも

含めた身体活動量の閾値の検討や、より精度の高い指標を求めるために、加速度計による身体活動量の測定・評価を今後の検討課題としている。

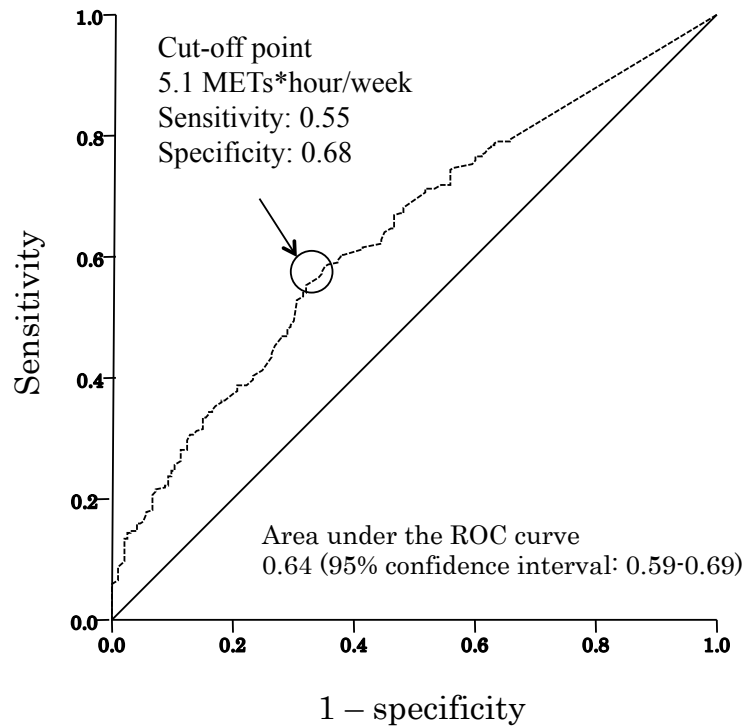


Figure 2-4. 低体力状態を最もよく反映する運動量の閾値（大須賀ら, 2012）.  
ROC: receiver operating characteristic

## 第5節 身体活動量の増加が日常生活動作に及ぼす影響

ACSM は、高齢者に対する運動・身体活動の効果に関する研究を系統的にまとめ、position stand (声明) として「Exercise and Physical Activity for Older Adults」を報告した (Chodzko-Zajko et al., 2009). この声明では、運動や身体活動が、高齢者の筋機能 (筋力・筋パワーなど) や心血管機能 (血圧・局所血流量など)、肺機能 (換気能など)、身体機能 (最大酸素摂取量・歩行・階段昇段など)、体組成 (体重・除脂肪量・筋量など) に及ぼす効果に関するエビデンスステートメントが示されている。エビデンスステートメントは、A (多くの無作為化比較試験あるいは観察研究から有効性が報告されている)、B (複数の無作為化比較試験あるいは観察研究から有効性が検証されているものの、有効性が確認できない研究結果も報告されている)、C (有効性は確認されているものの、その報告数が少ない、あるいは非無作為化比較試験や統制されていない研究によって有効性が報告されている)、D (A から C に分類不可能であり、エビデンスが不十分な研究) に分類されている。この内、運動や身体活動が日常生活動作に及ぼす効果に関するエビデンスステートメントは C/D に分類されており、身体活動の実践により有意な改善がみられたという報告 (Bean et al., 2004; Hakkinen et al., 2000; Henwood et al., 2005; Holviala et al., 2006; Judge et al., 1993; Schlicht et al., 2001; Sipila et al., 1996) と有意な改善がみられなかったという報告 (Brown et al., 1991; Buchner et al., 1997; Earles et al., 2001; Greendale et al., 2000; Judge et al., 1994) が散見しており、一致した見解が得られていない。この理由の 1

## 第2章 文献研究と研究課題の設定

つに、対象者の介入前の身体活動量が考慮されていないことが考えられる。日常的に身体活動を実践している高齢者は、前述したシグモイド曲線上では、すでに天井効果に達していた可能性がある。高齢者のトレーナビリティを考慮すると、身体活動量が、日常的に少ない高齢者を対象に、日常生活動作制限のリスク減少に効果的な身体活動量を提供することで、高齢者の日常生活動作の向上が見込まれると考えられる。

## 第6節 先行研究のまとめ

先行研究の問題点をまとめると、以下の3つに要約される。

### 問題点 1. 加速度計による身体活動評価のエビデンス不足.

客観的に評価された身体活動量と生活機能の階層性（社会的役割，知的能動性，手段的自立，日常生活動作）との関連について検討した研究は少なく，先行研究間での見解も一致していない。また，低強度身体活動時間や座位行動時間と日常生活動作との関連についても，客観的な評価による詳細な検討の余地が残されている。

### 問題点 2. 機能制限が反映される具体的な身体活動量の閾値が検討されていない点.

高齢期における様々な機能制限は，身体活動量と負の量・反応関係が示されているものの，機能制限が疑われる身体活動量の閾値は明らかにされていない。

### 問題点 3. 身体活動量の増加が日常生活動作に及ぼす効果に関する見解の不一致.

身体活動量の増加が，日常生活動作の向上に直接的に影響を及ぼすか，一致した見解が得られていない。その要因として，介入前における対象者の日常的な身体活動量が考慮されていないことが考えられる。

## 第7節 研究課題の設定

前述した問題点を踏まえ、本博士論文では、以下の研究課題を検討することとした (Figure 2-5).

### 課題 1. 生活機能の階層性と身体活動との関連.

一軸加速度計を用いて身体活動の「量」と「絶対強度」を推量し、課題 1-1 として「高次生活機能（社会的役割, 知的能動性, 手段的自立）と総身体活動量および強度別身体活動時間との関連」を、課題 1-2 として「低次生活機能（日常生活動作）と強度別身体活動時間, 座位行動時間との関連」を検討し、身体活動指標の作成に着目すべき身体活動のパターンを明らかにする.

### 課題 2. 身体活動指標の作成.

課題 1 の結果を踏まえ、(1) 機能制限と身体活動量との関連を明らかにし、(2) 機能制限が反映される具体的な身体活動量の閾値を検討することで、機能保持に向けた身体活動指標を提案する.

### 課題 3. 身体活動指標の有効性に関する検討.

身体活動指標を基準とした身体活動量の増加が、日常生活動作に及ぼす影響について検討する. 身体活動量が、日常的に少ない（床効果状態にある）高齢者を対象に、日常生活動作制限のリスク減少に効果的な身体活動量を提供することで、

日常生活動作の向上が見込まれると考えられる。

これらの課題に着目して研究を遂行することで、生活機能の長期的な保持に向けた身体活動指針の一層の充実化が図れると考えられる。

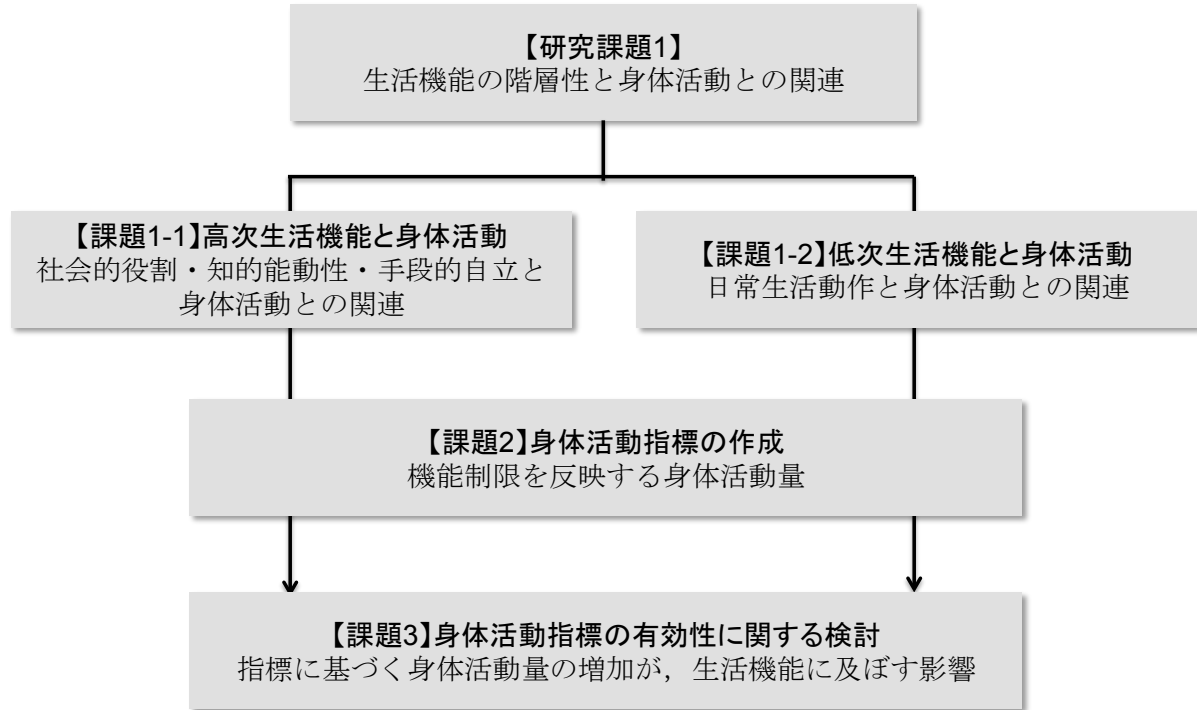


Figure 2-5. 本研究課題のフローチャート



## 第3章

### 測定項目と測定方法

本博士論文における測定項目とその測定方法、および操作的定義について以下に記述する。

#### 第1節 生活機能

##### 1. 高次生活機能と各機能低下（研究課題 1-1）

高次生活機能は、老研式活動能力指標を用いて評価した（古野谷ら, 1987）。「はい（1点）」、「いいえ（0点）」の2件法で回答する13の質問項目から、総得点（13点）と階層別の得点（社会的役割4点、知的能動性4点、手段的自立5点）を算出した。本研究では、総得点および各下位尺度得点の未満点者をそれぞれ、「高次生活機能低下群」、「社会的役割低下群」、「知的能動性低下群」、「手段的自立低下群」と定義し、満点者をそれぞれ「高次生活機能維持群」、「社会的役割維持群」、「知的能動性維持群」、「手段的自立維持群」と定義した（Fujiwara et al., 2003; Fujiwara et al., 2003; 田中ら, 2006; Katsumata et al., 2011; Shinkai et al., 2000）。

##### 2. 日常生活動作と日常生活動作制限（研究課題 1-2 と研究課題 2）

課題 1-2 では、高齢者の日常生活動作を大規模に測定・評価する必要があるため、調査の人的・経済的資源、時間的制約を考慮し、5回椅子立ち上がり（Guralnik

et al., 1994), timed up & go (Podsiadlo and Richardson, 1991), 開眼片足立ち (Rikli et al., 1986) の3項目から評価した。各項目の測定方法は、下記の通りである。

#### 5回椅子立ち上がり (研究課題 1-2 と研究課題 3)

両腕を胸の前で交差し、背中を伸ばした状態で背もたれのついた椅子に浅く腰かけるよう求めた。合図とともに、椅子から立ち上がり直立姿勢をとり、再び椅子に腰掛ける動作を可能な限り速く5回繰り返すよう教示した。合図してから5回目の直立姿勢をとるまでの時間を0.01秒単位で2回計測し、平均値を記録とした (Guralnik et al., 1994)。

#### Timed up and go (研究課題 1-2 と研究課題 3)

背部を椅子の背もたれにつけるよう深い座位姿勢をとり、両手を膝の上に置くように教示し、なるべく速く歩くよう促した。合図とともに立ち上がり、3 m 前方のコーンを回って着座するまでの時間を0.01秒単位で2回測定し、平均値を記録した (Podsiadlo and Richardson, 1991)。

#### 開眼片足立ち (研究課題 1-2 と研究課題 3)

両手を腰に当て、両足を揃えて床の上に立った状態から片方の足を床から離し、可能な限り長く立ち続けるよう求めた。接地している支持足の裏が動いたり、腰に当てた手が離れたり、支持足以外の身体部分が着地した時点でバランスが崩れたものとみなした。計測は、足を上げた時点からバランスが崩れた時点までの時間とし、最大値は60秒とした。左右を問わず0.01秒単位で2回計測し、平均値を記

録とした (Rikli et al., 1986) .

研究課題3では、身体活動量の増加が日常生活動作に及ぼす影響について、介入研究から詳細に検討するため、課題1-2での測定項目の他に、以下の4項目を追加で測定した。各項目の測定方法は、下記の通りである。

### 30秒椅子立ち上がり (研究課題3)

両腕を胸の前で交差し、背中を伸ばした状態で背もたれの付いた椅子に浅く腰掛けるよう教示した。合図とともに、椅子から立ち上がり、直立姿勢を取るよう求め、再び腰掛ける動作を30秒間繰り返すよう求めた。測定値は、椅子から立ち上がった回数を計測した。測定は、1回のみおこなった (Rikli and Jones, 2001)。

### ステップテスト (研究課題3)

立位姿勢をとるよう求め、その20cm前方に高さ19cmの台を階段に見立てて設置した。足の裏が、台の高さまで上がるよう、その場で可能な限り素早く足踏みをおこなうよう求め、合図してから左右の足を交互に8回上げ下ろしするまでの時間を計測した。測定は、0.01秒単位で2回計測し、平均値を記録とした (Rikli and Jones, 2001)。

### 6分間歩行 (研究課題3)

周回50m (縦20m, 横5m) のコースを6分間、可能な限り速く歩き続けるよう求めた。測定は、1回のみおこない、1cm単位で測定値を記録した (Rikli and Jones, 2001)。

### 最大等尺性膝伸展筋力（研究課題 3）

最大等尺性膝伸展筋力は、多用途筋機能評価運動装置（バイオデックス 3 システム, Biodex Medical Systems 社製）から評価した。測定の際に対象者を装置の椅子に座るよう促し、体幹、大腿部、足部は動かないようにベルトを用いて固定し、装置のレバーアームの回転軸と膝関節回転軸が合うように設定した。測定は、膝関節 60 度屈曲における膝伸展運動を最大努力で 3 秒間、休息 15 秒間のセットを 3 セット試行するよう求め、最大等尺性膝伸展ピークトルク値を測定した。測定は、左右の膝関節にて片側ずつおこなった。測定値を下肢長で除し、最大等尺性膝伸展筋力に換算した。

測定の際は、問診によって当日の体調を確認するとともに、パフォーマンス測定に精通したスタッフが安全性に留意した。また、測定中に補助や支えを必要とした場合はその旨を記録した。

### 日常生活動作制限（課題 2）

日常生活動作制限（functional limitation: FL）は、自己報告による階段昇段と歩行時の困難性から評価した（Guralnik et al., 1993）。「手すりや壁をつたわずに階段を続けて 10 段昇ることができますか」と「休まずに 400 m を続けて歩くことができますか」という質問に対し、「十分にできる」、「少し難しい」、「全然できない」の 3 件法から回答を求め、2 つの質問に対しいずれか、もしくは両方に「少し難し

い」あるいは「全然できない」と回答した場合を「日常生活動作制限あり」とした

(Hirvensalo et al., 2000; Visser et al., 2005; Visser et al., 2005; Cesari et al., 2009).

## 第2節 身体活動および座位行動（課題1, 2, 3）

歩数、座位行動時間、低強度身体活動時間、中高強度身体活動時間は、一軸加速度計（ライフコーダ、スズケン社製）を用いて評価し、1日あたりの平均積算値を算出した。本研究で使用する一軸加速度計は、4秒ごとの活動強度を、「0（非装着時）」、「0.5（微小活動時）」、「1-9（身体活動時）」の11段階で感知することが出来る（Kumahara et al., 2004）（table 3-1）。測定期間は、配布日の翌日から7日間とし、入浴および入水時以外の起床から就寝まで装着し、出来る限り日常的な生活を送るよう促した。装着部位は、身体の前面・腰部とし、ベルトまたはズボンの裾をクリップで挟み装着するよう教示した。測定プロトコルに関する一連の流れは、table 3-2 に示した。分析対象者は、最低5日/週以上の装着期間かつ10時間/日以上装着時間の条件を満たす者とした（Masse et al., 2005）。装着時間は、24時間-非装着時間とし、非装着時間は、加速度計で感知される活動強度「0」が20分以上継続した場合のみ加算した（Masse et al., 2005）。座位行動時間は、装着時間-身体活動時間とし、身体活動時間は、加速度計で感知される活動強度が「1（1.8 METs）」以上の合算値とした（Gando et al., 2010）。また、活動レベルが「1-3（1.8-2.9 METs）」の合算値と「4（3.6 METs）」以上の合算値を求め、低強度身体活動時間と中高強度身体活動時間をそれぞれ算出した。装着時間は、座位行動時間と低強度身体活動時間、中高強度身体活動時間とそれぞれ有意な正の相関関係を示したため、各活動時間を装着時間で除すことで、それぞれの割合（rate of sedentary behaviour: RSB, rate of light

physical activity: RLPA, rate of moderate-vigorous physical activity: RMVPA) を算出し、生活機能との関連性を検討する際の指標とした。

Table 3-1. 本研究で使用する加速度計（ライフコーダ）が感知する強度の分類。

操作的定義	強度	代謝当量
非装着	0	0
微小運動	0.5	< 1.8
低強度身体活動	1	1.8
	2	2.3
	3	2.9
中高強度身体活動	4	3.6
	5	4.3
	6	5.2
	7	6.1
	8	7.1
	9	8.3

Table 3-2. ライフコーダの測定プロトコル（大須賀 and 笹井, 2013）。

1.測定条件の決定

- 装着期間，装着時間（非装着時間）を決める。

2.測定準備

- 電池の交換，日付・時刻の設定をする。
- ※測定に関する注意書きを対象者に配布し，測定に対するインセンティブを得る。

3.測定

- 加速度計を腰部に装着するよう教示する。
- 可能な限り，いつもどおりの生活を送るよう促す。

4.回収・ダウンロード

- 専用ソフトがインストールされたPCに接続し，データをPCに転送する。
- データを専用ソフト内でComma Separated Value (csv)ファイルに変換し，生データを得る。

5.生データの処理

- 装着時間を確認し，条件に満たない場合は除外する（除外基準の設定）。
- 活動強度ごとのカウントを確認し，活動時間を算出する。

### 第3節 インタビュー調査法による調査項目と形態指標（課題1, 2, 3）

性，年齢および慢性疾患（脳血管疾患，高血圧，糖尿病，心疾患，骨粗鬆症，呼吸器疾患），関節痛（股関節痛，膝痛，腰痛），および服薬の有無などの健康関連情報をインタビュー形式で聴取した。なお，服薬状況は，現在服用している薬の有無を聴取した。薬は，医師から処方された医療用医薬品とし，薬局等で購入した一般用医薬品や医薬部外品，サプリメントは除外するものとした。

形態指標として，身長は身長計（YG-200，ヤガミ社製）を用いて0.1 cm 単位で，体重は体重計（Digital Bathroom Scale HD-316, TANITA 社製）を用いて0.1 kg 単位で測定した。Body mass index (BMI) は，体重 (kg) を身長 (m) の2乗で除すことにより算出した。



## 第 4 章

### 研究課題 1-1

#### 高次生活機能と身体活動との関連

##### 【Research question】

高齢期における身体活動の「強度」や「量」そのものは、高次生活機能と性、年齢、疾患・関節痛の有無等の交絡要因から独立して関連するか？

##### 【関連論文】

大須賀ら. 高齢女性における高次生活機能の階層性と強度別身体活動量との関連—地域支援事業参加者を対象とした横断研究—, 体力科学 61: 327-334, 2012.

#### 第 1 節 目的

高齢期の身体活動量と心身機能の関連性を検討した研究は、比較的多い一方で (Brach et al., 2004; Pahor et al., 2006; Yasunaga et al., 2006; Aoyagi et al., 2009; Chale Rush et al., 2010), 身体活動量と高次生活機能との関連を検討した研究は少なく、著者が知るところ 1 件のみである。田中ら (2006) は、地域に在住する高齢者 330 人を対象に、質問紙によって評価された身体活動レベル (physical activity level: PAL) と高次生活機能との関連性を検討している。その結果、PAL が低値である者

は、知的能動性および社会的役割が低下状態にあると報告されている。しかし、1) 身体活動量の評価に質問紙を利用しており、客観的な評価指標である加速度計を用いて検討していないこと、2) 高次生活機能の階層性と強度別身体活動量の関連性を検討していないこと、3) 高次生活機能の階層性と強度別身体活動量の関連性を、性や年齢、疾患・関節痛の有無等により層別化して検討していないといった課題を有している。そのため、身体活動の「強度」や「量」そのものが高次生活機能と関連するか否かについては、検討する余地が残されている。高齢者の日常生活活動は、ウォーキングなど中高強度身体活動が占める割合よりも、家事や余暇活動など低強度身体活動の占める割合が圧倒的に多く (Arnardottir et al., 2013)、中高強度身体活動量だけでなく、低強度身体活動量も高次生活機能と関連する可能性がある。

前述した課題を検討するため、研究課題 1-1 では一軸加速度計を用いて身体活動量を評価し、高次生活機能の階層性と総身体活動量、強度別身体活動量の多寡との関連性を横断的に検討することを目的とした。

## 第2節 方法

### (1) 対象者

対象者は、要支援・要介護の非認定者で、2008-2013年の茨城県八千代町の二次予防事業と茨城県阿見町、千葉県袖ヶ浦市、福島県会津美里町、神奈川県横浜市の一次予防事業、および筑波大学で開催した体力測定会に参加した60歳以上の地域在住高齢者1,039名とした。対象者の募集は、新聞の折込みチラシや、各自治体の広報誌、自治体職員による参加奨励などを通しておこなった。すべての対象者に、測定データ使用に関する説明を個別に口頭でおこない、研究の目的や体力測定および質問紙調査内容を説明した上で、随時、測定を拒否できることを確認し、書面にてデータ使用の同意を得た。対象者のうち、1) 加速度計データの分析条件（前述記載）を満たさなかった者216名(20.8%)、2) 質問紙に欠損のあった者8名(0.7%)を除外し、最終的に815名(78.4%)を分析の対象とした。本研究は、筑波大学大学院人間総合科学研究科研究倫理委員会の承認を受けた（No. 696）。

### (2) 測定項目および測定方法

形態指標（身長、体重など）、身体活動量（歩数（step counts: SC）、低強度身体活動時間、中高強度身体活動時間、RLPA、RMVPA）を測定し、既往歴・関節痛・服薬の有無に関するインタビュー調査をおこなった。高次生活機能は、老研式活動能力指標を用いて評価した。総得点（13点）と下位尺度得点（手段的自立5点、

知的能動性 4 点, 社会的役割 4 点) をそれぞれ算出し, 総得点および下位尺度得点の未満点者をそれぞれ, 高次生活機能低下群, 手段的自立低下群, 知的能動性低下群, 社会的役割低下群と定義した (Fujiwara et al., 2003; Fujiwara et al., 2003; 田中ら, 2006; Katsumata et al., 2011; Shinaka et al., 2000). これらは, すべて, 第3章「測定項目と測定方法」に示した方法により測定した.

### (3) 統計解析

各項目の統計値は, 平均値  $\pm$  標準偏差で示した. 高次生活機能低下群 (低下群) と高次生活機能維持群 (維持群) の健康関連情報, 形態指標の比較には, Mann-Whitney の  $U$  検定を適用した. 過去 1 年間の既往や関節痛を有する者の割合は,  $\chi^2$  検定によって比較した. SC, RLPA, RMVPA を人数から 4 分位 (Q1-Q4) にそれぞれを群分けし, 高次生活機能の階層性と強度別の身体活動量との関連性を検討するために, ロジスティック回帰分析を適用した. 従属変数に「高次生活機能低下および各下位尺度機能低下 (手段的自立低下, 知的能動性低下, 社会的役割低下)」を, 独立変数に「各活動量 (SC・RLPA・RMVPA) のカテゴリ変数 (4 分位) と共変量 (年齢, 性, 脳血管疾患の既往歴・腰痛・膝痛の有無)」を投入し, 各活動量の第 1 分位 (Q1) を基準とした第 2 分位から第 4 分位 (Q2, Q3, Q4) までのオッズ比と 95%信頼区間 (confidence interval: CI) を求めた. また, 高次生活機能の階層性と強度別の身体活動量との量・反応関係をトレンド検定によって検討した. さらに,

高次生活機能と身体活動量の交絡要因として、両者への影響が大きいと考えられる因子（性，年齢，疾患・関節痛）を考慮し，性（男性，女性），年齢（75歳未満，75歳以上），疾患・関節痛の有無（無し，少なくとも1つを有する）に層別化し，それぞれロジスティック回帰分析を施した．従属変数に「高次生活機能低下および各下位尺度機能低下（手段的自立低下，知的能動性低下，社会的役割低下）」を，独立変数に各活動量（SC・RLPA・RMVPA）のカテゴリ変数（4分位）を投入し，各活動量の第1分位（Q1）を基準とした第2分位から第4分位（Q2，Q3，Q4）までのオッズ比と95% CIをそれぞれ層別化して求めた．

すべての統計処理には IBM SPSS Statistics 21 を用い，統計的有意水準は5%とした．

### 第3節 結果

#### (1) 対象者の基本的特徴

高次生活機能（総得点）が低下していた者は、331名（40.6%）であった。

Table 4-1 に、高次生活機能低下群と高次生活機能維持群で比較した対象者の基本的特徴を統計値で示した。年齢、性、脳血管疾患の既往歴・腰痛・膝痛の有無の項目で有意な群間差が認められた ( $P < 0.05$ )。

**Table 4-1. Characteristics of the study population (n = 815).**

	Group reduction n = 331	Group maintain n = 484	P values
Age, years	73.6 ± 6.1	72.0 ± 5.8	< 0.001
Sex, men/women	88/243	99/385	0.042
Height, cm	151.8 ± 8.8	152.4 ± 7.6	0.354
Weight, kg	54.5 ± 9.4	54.3 ± 9.0	0.824
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>	23.6 ± 3.4	23.3 ± 3.1	0.393
Medication use, n (%)	242 (73.1)	327 (67.7)	0.103
Medical history, n (%)			
Stroke	16 (4.8)	7 (1.4)	0.005
Hypertension	135 (40.8)	179 (37.0)	0.305
Diabetes	27 (8.2)	35 (7.2)	0.687
Heart disease	31 (9.4)	34 (7.0)	0.238
Respiratory disease	8 (2.4)	12 (2.5)	1.000
Osteoporosis	32 (9.7)	33 (6.8)	0.149
Joint pain, n (%)			
Low back pain	104 (31.4)	111 (22.9)	0.008
Hip pain	15 (4.5)	14 (2.9)	0.249
Knee pain	111 (33.5)	95 (19.6)	< 0.001
Physical activity			
Step counts, steps/day	6446 ± 3155	7316 ± 3128	< 0.001
LPA, min/day	53.7 ± 22.3	59.0 ± 22.6	0.005
MVPA, min/day	15.2 ± 15.5	18.7 ± 15.1	< 0.001
RLPA, %	6.2 ± 2.5	6.7 ± 2.5	0.005
RMVPA, %	1.7 ± 1.8	2.1 ± 1.7	< 0.001
Wear time, min/day	866.8 ± 92.5	879.4 ± 91.5	0.027

Data are presented as mean ± standard deviation or n (%).

LPA: light physical activity, RLPA: rate of light physical activity, MVPA: moderate-vigorous physical activity, RMVPA: rate of moderate-vigorous physical activity.

(2) 高次生活機能の階層性と総身体活動量および身体活動強度との関連

Figure 4-1 に、高次生活機能（総得点）低下と各機能（下位尺度得点）低下に対する SC, RLPA, RMVPA の Q1 を基準とした Q2, Q3, Q4 の調整済みオッズ比と 95% CI を示した。

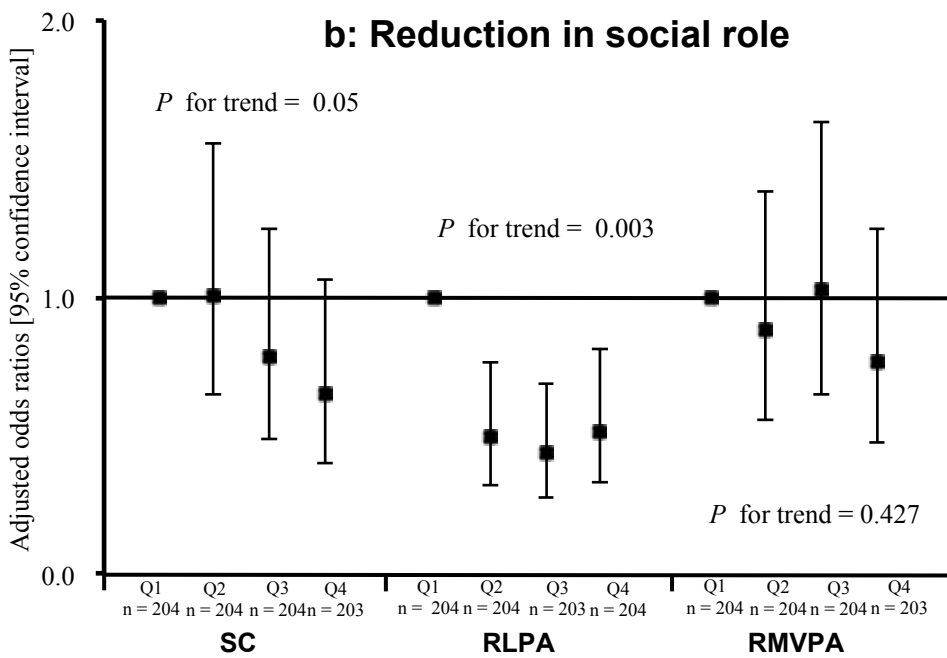
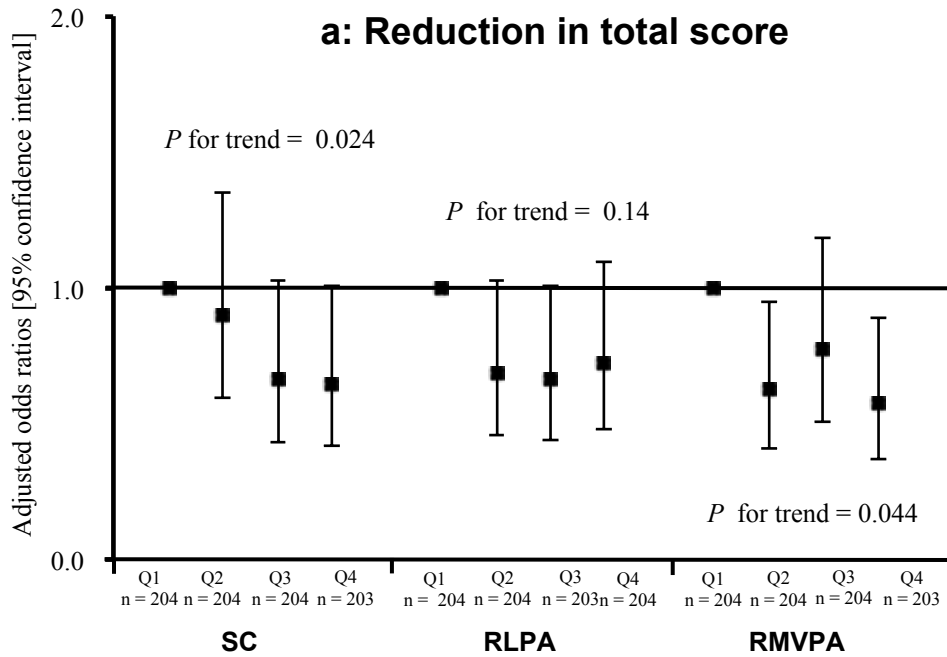
高次生活機能（総得点）低下に対するオッズ比は、SC および RMVPA の高値に伴い低値を示した。高次生活機能低下と SC, RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（SC:  $P$  for trend = 0.024, RMVPA:  $P$  for trend = 0.044）、高次生活機能低下と RLPA には、有意な量・反応関係が認められなかった（RLPA:  $P$  for trend = 0.14）（figure 4-1-a）。

社会的役割低下に対するオッズ比は、RLPA の高値に伴い低値を示した。社会的役割低下と RLPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（RLPA:  $P$  for trend = 0.003）、社会的役割低下と SC, RMVPA には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.050, RMVPA:  $P$  for trend = 0.427）（figure 4-1-b）。

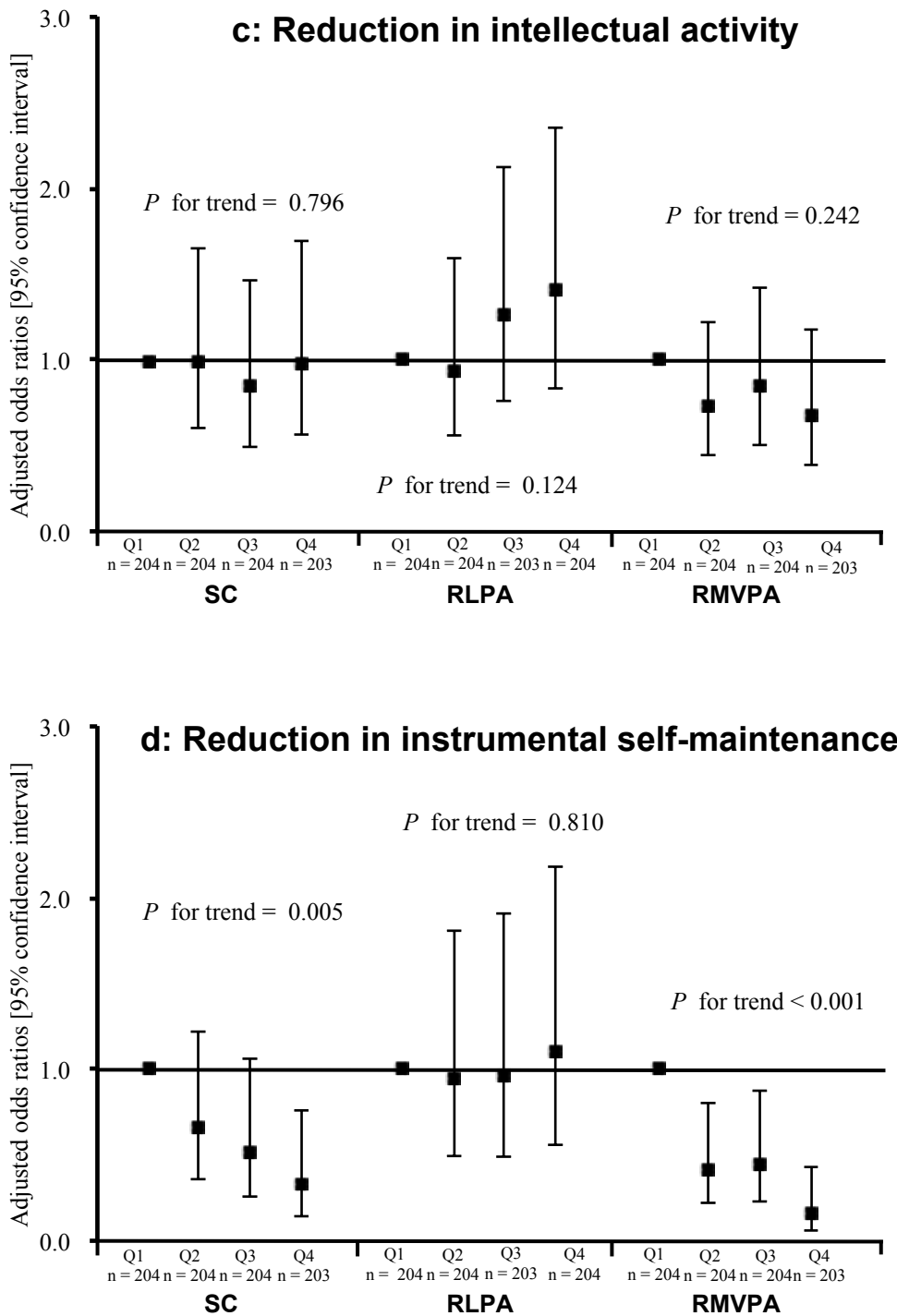
知的能動性低下と SC, RLPA, RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.796, RLPA:  $P$  for trend = 0.124, RMVPA:  $P$  for trend = 0.901）（figure 4-1-c）。

手段的自立低下に対するオッズ比は、SC, RMVPA の高値に伴い低値を示した。手段的自立低下と SC, RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（SC:  $P$  for trend = 0.005, RMVPA:  $P$  for trend < 0.001）、手段的自立低下と RLPA

の間には、有意な量・反応関係が認められなかった (RLPA:  $P$  for trend = 0.810) (figure 4-1-d).







**Figure 4-1. Adjusted odds ratios and 95% confidence interval for reduction in hierarchical functional capacity according to the quartile of habitual physical activity.**

SC: step counts, RLPA: rate of light physical activity, RMVPA: rate of moderate-vigorous physical activity.

Adjusted for age, sex, stroke, low back pain, and knee pain.

SC range: Q1 [ $< 4659$  steps/day], Q2 [4659 – 6604 steps/day], Q3 [6605 – 8918 steps/day], Q4 [ $> 8918$  steps/day]. RLPA range: Q1 [ $< 4.9\%$ ], Q2 [4.9 – 6.3%], Q3 [6.4 – 8.1%], Q4 [ $> 8.1\%$ ].

RMVPA range: Q1 [ $< 0.7\%$ ], Q2 [0.7 – 1.5%], Q3 [1.6 – 2.8%], Q4 [ $> 2.9\%$ ].

(3) 高次生活機能の階層性と総身体活動量および身体活動強度との関連（男性）

Table 4-2 に、男性における高次生活機能（総得点）低下と各機能（下位尺度得点）低下に対する SC, RLPA, RMVPA の Q1 を基準とした Q2, Q3, Q4 の調整済みオッズ比と 95% CI を示した。

高次生活機能（総得点）低下と各活動量には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.206, RLPA:  $P$  for trend = 0.487, RMVPA:  $P$  for trend = 0.179）。

社会的役割低下に対するオッズ比は、RLPA の高値に伴い低値を示した。社会的役割低下と RLPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（RLPA:  $P$  for trend = 0.048）、社会的役割低下と SC, RMVPA には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.129, RMVPA:  $P$  for trend = 0.389）。

知的能動性低下に対するオッズ比は、RMVPA の高値に伴い低値を示した。知的能動性低下と RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（RMVPA:  $P$  for trend = 0.035）、社会的役割低下と SC, RLPA には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.086, RLPA:  $P$  for trend = 0.867）。

手段的自立低下に対するオッズ比は、SC, RMVPA の高値に伴い低値を示した。手段的自立低下と SC, RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（SC:  $P$  for trend = 0.034, RMVPA:  $P$  for trend = 0.019）、手段的自立低下と RLPA の間には、有意な量・反応関係が認められなかった（RLPA:  $P$  for trend = 0.714）。

**Table 4-2. Adjusted\* odds ratios and 95% CI for reduction in hierarchical capacity according to the quantity of physical activity in men (n = 187).**

	Adjusted odds ratio [95% CI] and trend <i>P</i> value			
	Total score	Social role	Intellectual activity	Instrumental self-maintenance
<b>Step count, steps/day</b>				
Q1 [n = 47, < 4570]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 47, 4570-6567]	0.39 [0.17-0.90]	0.33 [0.14-0.79]	1.09 [0.40-3.01]	0.57 [0.19-1.76]
Q3 [n = 47, 6568-9214]	0.53 [0.23-1.22]	0.48 [0.20-1.13]	0.44 [0.13-1.47]	0.40 [0.11-1.45]
Q4 [n = 46, > 9214]	0.51 [0.21-1.21]	0.45 [0.18-1.08]	0.96 [0.90-1.03]	0.20 [0.04-1.03]
	<i>P</i> for trend = 0.206	<i>P</i> for trend = 0.129	<i>P</i> for trend = 0.086	<i>P</i> for trend = 0.034
<b>Rate of light physical activity, %</b>				
Q1 [n = 47, < 5.0]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 47, 5.0-6.5]	0.39 [0.17-0.90]	0.45 [0.20-1.05]	0.53 [0.16-1.77]	0.29 [0.07-1.20]
Q3 [n = 47, 6.6-8.4]	0.46 [0.20-1.07]	0.28 [0.11-0.68]	0.96 [0.32-2.87]	1.07 [0.34-3.37]
Q4 [n = 46, > 8.4]	0.68 [0.29-1.61]	0.47 [0.20-1.12]	0.92 [0.30-2.85]	0.56 [0.15-2.14]
	<i>P</i> for trend = 0.487	<i>P</i> for trend = 0.048	<i>P</i> for trend = 0.867	<i>P</i> for trend = 0.714
<b>Rate of moderate-vigorous physical activity, %</b>				
Q1 [n = 47, < 0.7]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 47, 0.7-1.4]	0.34 [0.15-0.81]	0.40 [0.17-0.96]	0.95 [0.33-2.72]	0.35 [0.10-1.23]
Q3 [n = 47, 1.5-3.0]	0.72 [0.30-1.71]	0.60 [0.25-1.42]	0.84 [0.28-2.51]	0.59 [0.18-1.90]
Q4 [n = 46, > 3.0]	0.42 [0.17-0.99]	0.59 [0.24-1.40]	0.16 [0.03-0.83]	0.08 [0.01-0.70]
	<i>P</i> for trend = 0.179	<i>P</i> for trend = 0.389	<i>P</i> for trend = 0.035	<i>P</i> for trend = 0.019

CI: confidence interval, \*: Adjusted for age, medical histories and joint pains.

(4) 高次生活機能の階層性と総身体活動量および身体活動強度との関連（女性）

Table 4-3 に、女性における高次生活機能（総得点）低下と各機能（下位尺度得点）低下に対する SC, RLPA, RMVPA の Q1 を基準とした Q2, Q3, Q4 の調整済みオッズ比と 95% CI を示した。

高次生活機能（総得点）低下に対するオッズ比は、RMVPA の高値に伴い低値を示した。高次生活機能低下と RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（RMVPA:  $P$  for trend = 0.033）、高次生活機能低下と SC, RLPA には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.430, RLPA:  $P$  for trend = 0.257）。

社会的役割低下に対するオッズ比は、RLPA の高値に伴い低値を示した。社会的役割低下と RLPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（RLPA:  $P$  for trend = 0.039）、社会的役割低下と SC, RMVPA には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.143, RMVPA:  $P$  for trend = 0.545）。

知的能動性低下と各活動量の間には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.607, RLPA:  $P$  for trend = 0.101, RMVPA:  $P$  for trend = 0.592）。

手段的自立低下に対するオッズ比は、SC, RMVPA の高値に伴い低値を示した。手段的自立低下と SC, RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（SC:  $P$  for trend = 0.020, RMVPA:  $P$  for trend < 0.001）、手段的自立低下と RLPA の間には、有意な量・反応関係が認められなかった（RLPA:  $P$  for trend = 0.524）。

**Table 4-3. Adjusted\* odds ratios and 95% CI for reduction in hierarchical capacity according to the quantity of physical activity in women (n = 628).**

	Adjusted odds ratio [95% CI] and trend <i>P</i> value			
	Total score	Social role	Intellectual activity	Instrumental self-maintenance
<b>Step count, steps/day</b>				
Q1 [n = 157, < 4664]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 157, 4664-6636]	1.73 [0.68-1.73]	1.44 [0.86-2.41]	0.99 [0.56-1.76]	0.30 [0.34-1.40]
Q3 [n = 157, 6637-8914]	0.68 [0.42-1.12]	0.96 [0.55-1.68]	0.94 [0.51-1.74]	0.50 [0.21-1.16]
Q4 [n = 157, > 8914]	0.98 [0.41-1.13]	0.74 [0.41-1.33]	1.20 [0.65-2.21]	0.35 [0.13-0.93]
	<i>P</i> for trend = 0.43	<i>P</i> for trend = 0.143	<i>P</i> for trend = 0.607	<i>P</i> for trend = 0.020
<b>Rate of light physical activity, %</b>				
Q1 [n = 157, < 4.9]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 157, 4.9-6.2]	0.51 [0.54-1.35]	0.55 [0.33-0.92]	1.09 [0.60-1.95]	1.34 [0.65-2.80]
Q3 [n = 157, 6.3-8.0]	0.70 [0.44-1.11]	0.48 [0.29-0.82]	1.30 [0.72-2.33]	0.81 [0.35-1.89]
Q4 [n = 157, > 8.0]	0.80 [0.50-1.28]	0.60 [0.36-1.00]	1.59 [0.88-2.85]	1.54 [0.70-3.38]
	<i>P</i> for trend = 0.257	<i>P</i> for trend = 0.039	<i>P</i> for trend = 0.101	<i>P</i> for trend = 0.524
<b>Rate of moderate-vigorous physical activity, %</b>				
Q1 [n = 157, < 0.8]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 157, 0.8-1.5]	0.67 [0.42-1.07]	1.01 [0.59-1.71]	0.69 [0.38-1.23]	0.39 [0.18-0.83]
Q3 [n = 157, 1.6-2.7]	0.75 [0.46-1.20]	1.19 [0.70-2.02]	0.88 [0.50-1.56]	0.38 [0.17-0.83]
Q4 [n = 157, > 2.8]	0.54 [0.33-0.89]	0.78 [0.44-1.40]	0.78 [0.43-1.43]	0.16 [0.05-0.49]
	<i>P</i> for trend = 0.033	<i>P</i> for trend = 0.545	<i>P</i> for trend = 0.592	<i>P</i> for trend < 0.001

CI: confidence interval, \*: Adjusted for age, medical histories and joint pains.

(5) 高次生活機能の階層性と総身体活動量および身体活動強度との関連 (75 歳未満)

Table 4-4 に、75 歳未満における高次生活機能 (総得点) 低下と各機能 (下位尺度得点) 低下に対する SC, RLPA, RMVPA の Q1 を基準とした Q2, Q3, Q4 の調整済みオッズ比と 95% CI を示した.

高次生活機能 (総得点) 低下に対するオッズ比は、SC の高値に伴い低値を示した. 高次生活機能低下と SC の間には、有意な量・反応関係が認められたものの (SC:  $P$  for trend = 0.032), 高次生活機能低下と RLPA, RMVPA には、有意な量・反応関係が認められなかった (RLPA:  $P$  for trend = 0.086, RMVPA:  $P$  for trend = 0.146).

社会的役割低下に対するオッズ比は、SC・RLPA の高値に伴い低値を示した. 社会的役割低下と SC, RLPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの (SC:  $P$  for trend = 0.005, RLPA:  $P$  for trend = 0.013), 社会的役割低下と RMVPA には、有意な量・反応関係が認められなかった (RMVPA:  $P$  for trend = 0.192).

知的能動性低下と各活動量の間には、有意な量・反応関係が認められなかった (SC:  $P$  for trend = 0.949, RLPA:  $P$  for trend = 0.511, RMVPA:  $P$  for trend = 0.765).

手段的自立低下に対するオッズ比は RMVPA の高値に伴い低値を示した. 手段的自立低下と RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの (RMVPA:  $P$  for trend = 0.015), 手段的自立低下と SC, RLPA の間には、有意な量・反応関係が認められなかった (SC:  $P$  for trend = 0.098, RLPA:  $P$  for trend = 0.313).

**Table 4-4. Adjusted\* odds ratios and 95% CI for reduction in hierarchical capacity according to the quantity of physical activity in less than 75 years old (n = 553).**

Step count, steps/day	Adjusted odds ratio [95% CI] and trend <i>P</i> value			
	Total score	Social role	Intellectual activity	Instrumental self-maintenance
Q1 [n = 134, < 5241]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 132, 5241-7411]	0.86 [0.52-1.41]	0.82 [0.48-1.39]	1.33 [0.68-2.58]	0.87 [0.36-2.11]
Q3 [n = 134, 7412-9511]	0.62 [0.38-1.04]	0.56 [0.32-0.98]	0.99 [0.49-2.00]	0.76 [0.30-1.94]
Q4 [n = 133, > 9511]	0.62 [0.37-1.03]	0.48 [0.27-0.86]	1.13 [0.57-2.27]	0.36 [0.11-1.17]
	<i>P</i> for trend = 0.032	<i>P</i> for trend = 0.005	<i>P</i> for trend = 0.949	<i>P</i> for trend = 0.098
Rate of light physical activity, %				
Q1 [n = 133, < 5.2]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 134, 5.2-6.7]	0.77 [0.47-1.26]	0.54 [0.31-0.93]	1.16 [0.58-2.31]	3.42 [1.16-10.13]
Q3 [n = 133, 6.8-8.3]	0.44 [0.28-0.69]	0.48 [0.27-0.83]	1.24 [0.63-2.47]	2.06 [0.64-6.64]
Q4 [n = 133, > 8.3]	0.52 [0.33-0.81]	0.51 [0.29-0.88]	1.25 [0.63-2.49]	2.39 [0.76-7.55]
	<i>P</i> for trend = 0.086	<i>P</i> for trend = 0.013	<i>P</i> for trend = 0.511	<i>P</i> for trend = 0.313
Rate of moderate-vigorous physical activity, %				
Q1 [n = 134, < 1.1]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 133, 1.1-1.8]	0.92 [0.56-1.52]	0.88 [0.51-1.53]	1.24 [0.64-2.41]	1.04 [0.45-2.39]
Q3 [n = 133, 1.9-3.1]	0.85 [0.52-1.41]	1.02 [0.60-1.75]	0.93 [0.46-1.85]	0.40 [0.14-1.17]
Q4 [n = 133, > 3.1]	0.69 [0.41-1.15]	0.63 [0.35-1.12]	0.99 [0.50-1.98]	0.30 [0.09-0.98]
	<i>P</i> for trend = 0.146	<i>P</i> for trend = 0.192	<i>P</i> for trend = 0.765	<i>P</i> for trend = 0.015

CI: confidence interval, \*: Adjusted for age, sex, medical histories and joint pains.

(6) 高次生活機能の階層性と総身体活動量および身体活動強度との関連 (75 歳以上)

Table 4-5 に、75 歳未満における高次生活機能 (総得点) 低下と各機能 (下位尺度得点) 低下に対する SC, RLPA, RMVPA の Q1 を基準とした Q2, Q3, Q4 の調整済みオッズ比と 95% CI を示した。

高次生活機能 (総得点) 低下に対するオッズ比は、RMVPA の高値に伴い低値を示した。高次生活機能低下と RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの (RMVPA:  $P$  for trend  $< 0.001$ )、高次生活機能低下と SC, RLPA には、有意な量・反応関係が認められなかった (SC:  $P$  for trend = 0.073, RLPA:  $P$  for trend = 0.451)。

社会的役割低下に対するオッズ比は、RMVPA の高値に伴い低値を示した。社会的役割低下と RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの (RMVPA:  $P$  for trend = 0.013)、社会的役割低下と SC, RLPA には、有意な量・反応関係が認められなかった (SC:  $P$  for trend = 0.199, RLPA:  $P$  for trend = 0.450)。

知的能動性低下と各活動量の間には、有意な量・反応関係が認められなかった (SC:  $P$  for trend = 0.627, RLPA:  $P$  for trend = 0.587, RMVPA:  $P$  for trend = 0.069)。

手段的自立低下に対するオッズ比は、SC, RMVPA の高値に伴い低値を示した。手段的自立低下と SC, RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの (SC:  $P$  for trend = 0.002, RMVPA:  $P$  for trend  $< 0.001$ )、手段的自立低下と RLPA



の間には、有意な量・反応関係が認められなかった (RLPA:  $P$  for trend = 0.314).

**Table 4-5. Adjusted\* odds ratios and 95% CI for reduction in hierarchical capacity according to the quantity of physical activity in 75 years old and more (n = 282).**

	Adjusted odds ratio [95% CI] and trend $P$ value			
	Total score	Social role	Intellectual activity	Instrumental self-maintenance
Step count, steps/day				
Q1 [n = 71, < 3530]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 70, 3530-5181]	0.70 [0.35-1.37]	0.41 [0.20-0.86]	0.57 [0.26-1.25]	0.43 [0.19-0.97]
Q3 [n = 71, 5182-7692]	0.56 [0.28-1.11]	0.43 [0.20-0.90]	0.81 [0.38-1.76]	0.25 [0.10-0.65]
Q4 [n = 70, > 7692]	0.54 [0.26-1.11]	0.62 [0.30-1.31]	0.72 [0.32-1.64]	0.27 [0.10-0.76]
	$P$ for trend = 0.073	$P$ for trend = 0.199	$P$ for trend = 0.627	$P$ for trend = 0.002
Rate of light physical activity, %				
Q1 [n = 70, < 4.2]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 71, 4.2-5.7]	0.58 [0.29-1.14]	0.26 [0.12-0.57]	0.68 [0.31-1.52]	0.59 [0.25-1.40]
Q3 [n = 71, 5.8-7.4]	0.63 [0.32-1.25]	0.33 [0.16-0.70]	1.03 [0.48-2.21]	0.47 [0.19-1.18]
Q4 [n = 70, > 7.4]	0.74 [0.37-1.48]	0.57 [0.28-1.17]	1.12 [0.51-2.50]	0.71 [0.29-1.78]
	$P$ for trend = 0.451	$P$ for trend = 0.450	$P$ for trend = 0.587	$P$ for trend = 0.314
Rate of moderate-vigorous physical activity, %				
Q1 [n = 70, < 0.4]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 71, 0.4-0.9]	0.48 [0.24-0.95]	0.29 [0.14-0.61]	0.52 [0.25-1.11]	0.25 [0.11-0.57]
Q3 [n = 71, 1.0-1.9]	0.29 [0.14-0.59]	0.39 [0.19-0.81]	0.56 [0.26-1.20]	0.18 [0.07-0.46]
Q4 [n = 70, > 1.9]	0.28 [0.14-0.58]	0.35 [0.17-0.75]	0.46 [0.20-1.03]	0.08 [0.02-0.29]
	$P$ for trend < 0.001	$P$ for trend = 0.013	$P$ for trend = 0.069	$P$ for trend < 0.001

CI: confidence interval, \*: Adjusted for age, sex, medical histories and joint pains.

(7) 高次生活機能の階層性と総身体活動量および身体活動強度との関連（疾患・痛み無し）

Table 4-6 に、疾患および関節痛の無い者における高次生活機能（総得点）低下と各機能（下位尺度得点）低下に対する SC, RLPA, RMVPA の Q1 を基準とした Q2, Q3, Q4 の調整済みオッズ比と 95% CI を示した。

高次生活機能低下と各活動量には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.149, RLPA:  $P$  for trend = 0.422, RMVPA:  $P$  for trend = 0.091）。

社会的役割低下と各活動量には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.110, RLPA:  $P$  for trend = 0.110, RMVPA:  $P$  for trend = 0.113）。

知的能動性低下と各活動量の間には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.958, RLPA:  $P$  for trend = 0.070, RMVPA:  $P$  for trend = 0.806）。

手段的自立低下と各活動量の間には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.305, RLPA:  $P$  for trend = 0.732, RMVPA:  $P$  for trend = 0.771）。

**Table 4-6. Adjusted\* odds ratios and 95% CI for reduction in hierarchical capacity according to the quantity of physical activity in no medical histories and joint pains (n = 234).**

	Adjusted odds ratio [95% CI] and trend <i>P</i> value			
	Total score	Social role	Intellectual activity	Instrumental self-maintenance
<b>Step count, steps/day</b>				
Q1 [n = 59, < 5254]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 58, 5254-7641]	0.68 [0.31-1.48]	0.56 [0.24-1.32]	1.50 [0.54-4.17]	0.64 [0.14-2.90]
Q3 [n = 59, 7642-9825]	0.46 [0.21-1.02]	0.39 [0.16-0.94]	0.96 [0.33-2.78]	0.58 [0.13-2.58]
Q4 [n = 58, > 9825]	0.62 [0.28-1.37]	0.45 [0.19-1.08]	1.03 [0.35-3.04]	0.42 [0.08-2.34]
	<i>P</i> for trend = 0.149	<i>P</i> for trend = 0.110	<i>P</i> for trend = 0.958	<i>P</i> for trend = 0.305
<b>Rate of light physical activity, %</b>				
Q1 [n = 59, < 5.2]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 58, 5.2-6.7]	0.57 [0.26-1.23]	0.41 [0.17-0.98]	1.11 [0.36-3.45]	0.46 [0.08-2.56]
Q3 [n = 59, 6.8-8.3]	0.46 [0.21-1.01]	0.30 [0.12-0.75]	1.52 [0.51-4.53]	0.49 [0.09-2.78]
Q4 [n = 58, > 8.3]	0.77 [0.36-1.64]	0.56 [0.24-1.26]	2.38 [0.85-6.63]	1.24 [0.32-4.73]
	<i>P</i> for trend = 0.422	<i>P</i> for trend = 0.110	<i>P</i> for trend = 0.070	<i>P</i> for trend = 0.732
<b>Rate of moderate-vigorous physical activity, %</b>				
Q1 [n = 59, < 1.0]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 58, 1.0-1.8]	0.80 [0.36-1.75]	1.10 [0.47-2.57]	1.12 [0.42-2.97]	1.94 [0.45-8.39]
Q3 [n = 59, 1.9-3.2]	0.63 [0.29-1.37]	0.74 [0.31-1.76]	0.75 [0.27-2.08]	0.69 [0.11-4.20]
Q4 [n = 58, > 3.2]	0.52 [0.23-1.18]	0.52 [0.20-1.32]	0.55 [0.18-1.65]	1.09 [0.22-5.49]
	<i>P</i> for trend = 0.091	<i>P</i> for trend = 0.113	<i>P</i> for trend = 0.806	<i>P</i> for trend = 0.771

CI: confidence interval, \*: Adjusted for age, sex.

(8) 高次生活機能の階層性と総身体活動量および身体活動強度との関連（疾患・痛み有り）

Table 4-7 に、疾患および関節痛を 1 つでも有する者における高次生活機能（総得点）低下と各機能（下位尺度得点）低下に対する SC, RLPA, RMVPA の Q1 を基準とした Q2, Q3, Q4 の調整済みオッズ比と 95% CI を示した。

高次生活機能（総得点）低下に対するオッズ比は、RMVPA の高値に伴い低値を示した。高次生活機能低下と RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（RMVPA:  $P$  for trend = 0.020）、高次生活機能低下と SC, RLPA には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.188, RLPA:  $P$  for trend = 0.294）。

社会的役割低下に対するオッズ比は、RMVPA の高値に伴い低値を示した。社会的役割低下と RLPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（RLPA:  $P$  for trend = 0.025）、社会的役割低下と SC, RMVPA には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.386, RMVPA:  $P$  for trend = 0.426）。

知的能動性低下と各活動量の間には、有意な量・反応関係が認められなかった（SC:  $P$  for trend = 0.994, RLPA:  $P$  for trend = 0.556, RMVPA:  $P$  for trend = 0.229）。

手段的自立低下に対するオッズ比は、SC, RMVPA の高値に伴い低値を示した。手段的自立低下と SC, RMVPA の間には、有意な量・反応関係が認められたものの（SC:  $P$  for trend = 0.005, RMVPA:  $P$  for trend < 0.001）、手段的自立低下と RLPA

の間には、有意な量・反応関係が認められなかった (RLPA:  $P$  for trend = 0.863).

**Table 4-7. Adjusted odds\* ratios and 95% CI for reduction in hierarchical capacity according to the quantity of physical activity in one and more medical histories and joint pains (n = 581).**

	Adjusted odds ratio [95% CI] and trend $P$ value		
	Total score	Social role	Intellectual activity
<b>Step count, steps/day</b>			<b>Instrumental self-maintenance</b>
Q1 [n = 145, < 4390]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 146, 4390-6259]	0.78 [0.49-1.25]	0.71 [0.42-1.19]	0.60 [0.31-1.16]
Q3 [n = 145, 6260-8680]	0.74 [0.45-1.22]	0.88 [0.52-1.49]	0.48 [0.22-1.04]
Q4 [n = 145, > 8680]	0.71 [0.43-1.17]	0.72 [0.42-1.25]	0.30 [0.12-0.74]
	$P$ for trend = 0.188	$P$ for trend = 0.386	$P$ for trend = 0.005
<b>Rate of light physical activity, %</b>			
Q1 [n = 145, < 4.8]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 145, 4.8-6.0]	0.84 [0.53-1.34]	0.69 [0.42-1.13]	0.91 [0.45-1.85]
Q3 [n = 146, 6.1-7.9]	0.73 [0.45-1.18]	0.48 [0.28-0.81]	1.02 [0.49-2.11]
Q4 [n = 145, > 7.9]	0.80 [0.49-1.29]	0.60 [0.36-1.01]	1.05 [0.49-2.25]
	$P$ for trend = 0.294	$P$ for trend = 0.025	$P$ for trend = 0.863
<b>Rate of moderate-vigorous physical activity, %</b>			
Q1 [n = 146, < 0.6]	1.00 [reference]	1.00 [reference]	1.00 [reference]
Q2 [n = 145, 0.6-1.4]	0.50 [0.31-0.82]	0.73 [0.43-1.23]	0.25 [0.12-0.53]
Q3 [n = 145, 1.5-2.6]	0.57 [0.35-0.93]	0.74 [0.44-1.26]	0.40 [0.20-0.79]
Q4 [n = 145, > 2.6]	0.50 [0.30-0.83]	0.78 [0.45-1.34]	0.05 [0.01-0.23]
	$P$ for trend = 0.020	$P$ for trend = 0.426	$P$ for trend < 0.001

CI: confidence interval, \*: Adjusted for age, sex.

## 第4節 考察

研究課題 1-1 では、一軸加速度計により評価された総身体活動量（SC）および強度別身体活動量（RLPA, RMVPA）の多寡と高次生活機能の階層性（手段的自立，知的能動性，社会的役割）との関連性を検討した。その結果，総身体活動量と中高強度身体活動時間は，全体的な高次生活機能低下と最も低次な機能である手段的自立と有意な関連が認められた。低強度身体活動時間は，最も高次な機能である社会的役割と有意な関連が認められた。

### 総合的な高次生活機能と総身体活動量および身体活動強度との関連

田中ら（2006）は，330名の地域在住高齢者を対象に，質問紙によって評価された身体活動レベル（physical activity level: PAL）と高次生活機能との関連性を横断的に検討している。独立変数を高次生活機能3群（13点・12点・11点以下），従属変数をPALとし，年齢・性を共変量とした共分散分析をおこなった結果，総合得点において有意な群間差が得られたと報告している。総身体活動量と全体的な高次生活機能の間に有意な量・反応関係が認められた本研究結果は，先行研究を支持するものであった。客観的に評価された身体活動量であっても，高次生活機能と有意に関連し，身体活動量を日常的に高く維持することで，高次生活機能の低下を抑制できる可能性が示された。

一方で，高次生活機能低下に対するオッズ比に着目してみると，総身体活

動量と低強度身体活動量の第4分位（最も活動量が多い群）のオッズ比は、第1分位（最も活動量が少ない群）と比較して、有意差を示さなかった。これは、歩数が約4660歩/日未満から8920歩/日以上に移行しても、あるいは、低強度身体活動時間が約40分/日未満から70分/日以上に移行しても生活機能低下の該当率は有意に変化しないことを意味しており、高次生活機能と総身体活動、低強度身体活動の「量」そのものの実質的な関連度は弱いと考えられる。本研究では、一軸加速度計を用いて身体活動量を評価したため、身体活動の「量」そのものを評価するという点では、質問紙に比べ妥当性や信頼性が高いと考えられるが、「活動範囲」や「活動内容」など、活動の「質」そのものを評価するには限界を有する。一方で、田中ら（2006）は、質問紙を用いて身体活動量を評価しており、単純な活動の量だけではなく、家事や仕事など生活内容をよく反映して評価していると考えられる。総身体活動量や低強度身体活動と全体的な生活機能の実質的な関連度が弱かった本研究結果は、身体活動量の評価方法の差異によるものと考えられる。身体活動の強度に着目してみると、低強度身体活動時間と高次生活機能とは有意な関連が認められなかったものの、中高強度身体活動時間とは有意な関連が認められた。これらの結果を鑑みると、全体的な高次生活機能は、総身体活動量と有意な関連を有するものの、その実質的な関連度は中高強度身体活動時間と比較して弱く、かつ低強度身体活動量とは有意に関連しないため、特に中高強度身体活動時間を増加させることで、高次生活機能は良好に保持できる可能性が示された。

## 高次生活機能の階層性と身体活動強度との関連

ここでは、高次生活機能の階層性と身体活動強度との関連から、高齢期における低強度身体活動と中高強度身体活動の有用性について考察する。

高次生活機能の中で最も高次（複雑）な概念である社会的役割は、中高強度身体活動時間と有意な関連が認められなかったものの、低強度身体活動時間と、有意な関連が認められた。低強度身体活動量が、社会的役割と関連するという知見はこれまでのところ報告されていないため、課題 1-1 の結果から、高齢期における低強度身体活動量の有用性が示された。社会的役割とは、友達の家への訪問、家族や友達との相談、若い人に自分から話かけるような機能を指すが、これらの活動は、低強度（自分のペース）で遂行する機会が多い。本研究では、低強度身体活動の内容を評価していないため推察に留まるが、強度に拘らず自分の身体状態に応じた動きによって社会活動に参加することで、社会的役割が維持されていると考えられる。中高強度身体活動時間が、社会的役割と関連しなかった要因として、社会的役割には、身体活動の「強度」そのものよりも、身体活動の「範囲」が関連していると考えられる。新開ら（2005）や Fujita et al.（1994）は、移動能力が保たれている高齢者であっても、行動範囲が「閉じこもり」と定義されるほど極めて狭ければ、年齢の影響を調整しても、その後の日常生活動作能力や手段的日常生活能力の障害発生に悪影響を及ぼすと報告している。移動能力や中高強度身体活動量が保持されていても、その活動範囲が狭く、社会的接点を有していなければ、社会的役割に良好な



影響を及ぼさない可能性がある。一般的に、ウォーキングなどの中高強度身体活動をおこなう場合、その活動範囲は自宅周辺に限定され、かつ一人でおこなう場合が多い。ウォーキング大会など地域のイベントに参加することは、活動範囲を拡大するうえで重要であると考えられるが、これらのイベントは多くても1回/月程度であるため、中高強度身体活動に社会的接点を含めることは身体活動の継続性という観点から難しいと考えられる。一方で、ラジオ体操などの低強度身体活動であれば、公園や公民館など、地域コミュニティの中で実践することが可能であり、低強度身体活動の継続化によって社会的役割は維持できるかもしれない。社会的役割を良好に保持するには、強度に拘らず、活動範囲を可能な限り幅広く設け、社会的刺激が伴う活動量を確保していくことが重要であると考えられる。

知的能動性の低下には、すべての活動項目と有意な関連を示さなかった。知的能動性は、本や新聞の購読、健康についての記事や番組に積極的に関心を示す活動能力を指す。知的能動性が、すべての活動量と有意に関連しなかった要因として、身体活動の「量」や「強度」そのものよりも、身体活動の「内容」が関連していると考えられる。先行研究によると、高齢者に絵本の読み聞かせ役や介護予防推進ボランティア活動などの知的な活動機会を提供したところ、高次生活機能の低下が抑制されたと報告されている (Fried et al., 2004; Tan et al., 2006; Tan et al., 2009; 藤原ら, 2005; 島貫ら, 2006)。社会的役割と同様に、身体活動の「量」が多くても、その活動に知的・社会的内容が含まれていなければ、知的能動性に良好な影響を及

ばさない可能性がある。知的能動性を良好に維持していくためには、身体活動を提供するだけでなく、高齢者の知的好奇心（例えば、疾患の原因を説明するだけでなく、その原因に対する適切な身体活動処方や、身体活動が高齢者の体に及ぼす生理学的機序をわかりやすく説明するなど）が喚起されるような働きかけも重要であると考えられる。

高次生活機能の中で最も低次の概念である手段的自立は、低強度身体活動時間と有意な関連が認められなかったものの、総身体活動量および中高強度身体活動時間と有意な関連を示した。客観的に評価された身体活動量が、手段的自立と関連するという知見はこれまで報告されていないため、歩数や中高強度身体活動の有用性が示された。手段的自立とは、バスなどの交通機関の利用、買い物、銀行預金の出し入れなどに必要な活動能力であり、これらの能力は、歩数や中高強度身体活動時間を日常的に確保することで良好に維持できる可能性が示された。手段的自立機能を遂行するに必要な能力は、さらに低次の概念である基本的な日常生活動作（移動や椅子からの立ち上がり、バランスの保持など）によって説明される。日常的に中高強度身体活動を多く実践している者は、良好な日常生活動作を保持することで、手段的自立の低下を結果的に抑制している可能性がある。研究課題 1-2 では、日常生活動作と身体活動パターンとの関連を明らかにし、身体活動のパターンが日常生活動作に及ぼす影響について推察する。

性、年齢、疾患・関節痛が身体活動量と高次生活機能の関連性に及ぼす影響

男性と女性で層別化して高次生活機能と身体活動量との関連を分析した結果、両者の関連性に大きな違いはみられなかった。一方で、75歳未満と75歳以上で層別化して身体活動量と高次生活機能の関連性を検討した結果、75歳未満では低強度身体活動時間が社会的役割と有意な関連を示したものの、75歳以上では、中高強度身体活動時間が社会的役割と有意な関連を示した。また、疾患や関節痛を有さない者と有する者で層別化して身体活動量と高次生活機能との関連性を検討した結果、疾患や関節痛を有さない者では、身体活動量はすべての高次生活機能項目と有意な関連性を示さなかったものの、疾患や関節痛を有する者では、歩数や低強度身体活動時間、中高強度身体活動時間が、全体的な高次生活機能や社会的役割、手段的自立と有意に関連していた。これら一連の結果から、高次生活機能と身体活動量との関連性は、性によって異なる関連性を有する可能性は少ないものの、年齢や疾患・関節痛等の健康状態によって両者（高次生活機能と身体活動量）に異なった関連性が有する可能性が示された。年齢が高く、疾患や関節痛を有する集団で、より強い強度や多い身体活動量が良好な高次生活機能と関連していたことから、身体的な虚弱度が進んだ高齢者の方が、高次生活機能に対する身体活動の「強度」や「量」そのものの恩恵（有益性）を高く享受できる可能性が示された。

以上の課題 1-1 の結果から、高次な機能（社会的役割）は、低強度身体活動時間と有意に関連し、機能が低次（手段的自立）に移行するとことで、中高強度

身体活動時間と有意に関連する可能性が示唆された。つまり、高次な機能である社会的役割は、身体活動の強度に依存しないが、低次な機能である手段的自立は身体活動の強度に依存する可能性が示された。一方で、知的能動性は身体活動の「量」と関連しなかったことから、知的能動性の低下をより早期に抑制するには、身体活動の「量」ではなく、活動の「質」を重視した予防策を講じることが望ましいと考えられる。また、身体活動の「強度」や「量」そのものは、身体的な虚弱度が高い高齢者の方が高次生活機能の保持に有効である可能性が示された。加齢が著しく進み、疾患や関節痛を有していたとしても、定期的に身体活動を実践することの重要性が示された。

## 第5節 結語

客観的に評価された身体活動量は、総合的な高次生活機能と関連する可能性が示され、特に中高強度身体活動を実践することの有用性が明らかとなった。生活機能の低下過程に着目すると、最も高次の機能（社会的役割）は低強度身体活動と有意に関連し、最も低次の機能（手段的自立）は中高強度身体活動と有意に関連したことから、機能低下が進んでいない段階では身体活動の「強度」や「量」そのもの以外に注視した予防策が必要であるが、機能低下が進んだ状態では「強度」や「量」に着目し、特に中高強度身体活動を促すような身体活動施策を講じることの重要性が示唆された。

## 第 5 章

### 第 1 節

#### 研究課題 1-2-a

#### 日常生活動作と中高強度身体活動時間との関連

##### 【Research question】

高齢期における中高強度身体活動時間は、日常生活動作と性、年齢、疾患・関節痛の有無等の交絡要因から独立して有意に関連するか？

#### 第 1 項 緒言

研究課題 1-1 の結果から、高齢期における高次生活機能の低下過程に着目すると、客観的に評価された身体活動は、低次の概念である手段的自立機能と最もよく関連する可能性が示された。身体活動の「強度」や「量」そのものは、低次の概念に移行すると有意に関連すると考えられる。手段的自立とは、バスや電車を利用して 1 人で外出する能力や、日用品の買い物、食事の準備などをおこなう機能を指すが、これらの能力は、さらに低次の概念である日常生活動作によって構成されている。これらの一連の動作を遂行するために必要な日常生活動作（歩行、椅子からの立ち座り、バランスの保持）と身体活動の「強度」や「量」そのものとの関連については、いくつか検討する余地が残されている。

高齢者の日常生活動作と加速度計によって評価した身体活動量との関連を

## 第 5 章

### 第 1 節 研究課題 1-2-a

検討した先行研究は、著者が知る限りこれまで 5 件報告されている (Gerdhem et al., 2008; Puthoff et al., 2008; Zalewski et al., 2009; Aoyagi et al., 2009; Morie et al., 2010). それらの報告によると、総身体活動量や一定の強度を有する身体活動 (中高強度身体活動時間) が多いと、日常生活動作も良好であることが示されている (Gerdhem et al., 2008; Aoyagi et al., 2009). しかし、1) いずれの研究も対象者数が少なく (研究対象者は 200 名に満たない)、日常生活動作と加速度計によって評価された身体活動量が関連するか一致した見解は得られていない. 2) また、加速度計によって評価された身体活動量が日常生活動作とその他の交絡要因 (性や年齢、疾患・関節痛など) から独立して関連するか十分に検討されていない.

そこで研究課題 1-2-a では、加速度計を用いて中高強度身体活動時間を推量し、高齢期における中高強度身体活動時間と日常生活動作との関連性を横断的に検討することを目的とした.

## 第2項 方法

### (1) 対象者

対象者は、要支援・要介護の非認定者で、2008-2013年の茨城県八千代町の二次予防事業と茨城県阿見町、千葉県袖ヶ浦市、福島県会津美里町、神奈川県横浜市の一次予防事業、および筑波大学で開催した体力測定会に参加した60歳以上の地域在住高齢者1,039名とした。対象者の募集は、新聞の折込みチラシや、各自治体の広報誌、自治体職員による参加奨励などを通しておこなった。すべての対象者に、測定データ使用に関する説明を個別に口頭でおこない、研究の目的や体力測定および質問紙調査内容を説明した上で、随時、測定を拒否できることを確認し、書面にてデータ使用の同意を得た。対象者のうち、1) 加速度計データの分析条件（前述記載）を満たさなかった者216名（20.8%）、2) 杖や支えなどの補助器具を必要とし、自力でのパフォーマンス測定が困難であった者や質問紙に欠損があった者24名（2.3%）を除外し、最終的に799名（76.9%）を分析の対象とした。本研究は、筑波大学大学院人間総合科学研究科研究倫理委員会の承認を受けた（No. 696）。

### (2) 測定項目および測定方法

形態指標（身長、体重など）、身体活動量（座位行動時間、RSB、低強度身体活動時間、RLPA、中高強度身体活動時間、RMVPA）、日常生活動作3項目（5回椅子立ち上がり、timed up and go、開眼片足立ち、）を測定し、既往歴・関節痛・服



薬の有無に関するインタビュー調査をおこなった。これらは、すべて、第3章「測定項目と測定方法」に示した方法により測定した。

### (3) 統計解析

各項目の測定値は、平均値 ± 標準偏差または該当者数 (%) で示した。多変量解析で調整する変数を決定するため、各日常生活動作を2分位（5回椅子立ち上がり低位群 (> 6.9 秒) と5回椅子立ち上がり高位群 (≤ 6.8 秒), **timed up and go** 低位群 (> 6.4 秒) と **timed up and go** 高位群 (≤ 6.3 秒), 開眼片足立ち低位群 (≤ 38.7 秒) と開眼片足立ち高位群 (> 38.8 秒)) に分類し、各日常生活動作低位群と高位群の形態指標、服薬の有無、疾患の有無、関節痛の有無、各活動項目の比較に、Mann-Whitney の  $U$  検定および  $\chi^2$  検定を適用した。RMVPA を人数から4分位 (Q1: ≤ 0.7%, Q2: 0.8-1.5%, Q3: 1.6-2.9%, Q4: ≥ 3.0%) に分類し、日常生活動作との傾向性を Jonckheere terpstra trend test によって評価した。また、RMVPA と各日常生活動作との関連度を、Spearman の順位相関係数 ( $\rho$ ) によって評価した。RMVPA が、共変量から独立して日常生活動作と関連するか検討するために、stepwise 法による重回帰分析をおこなった。重回帰分析では、従属変数に日常生活動作、独立変数に RMVPA、および各日常生活動作低位群と高位群で有意差を認めた項目を共変量として投入した。さらに、日常生活動作と中高強度身体活動時間の交絡要因として、両者への影響が大きいと考えられる因子に配慮し、性 (男性, 女性), 年齢 (75 歳

## 第 5 章

### 第 1 節 研究課題 1-2-a

未満, 75 歳以上), 疾患・関節痛の有無 (無し, 少なくとも 1 つを有する) に層別化し, それぞれ重回帰分析をおこなった. 層別化による重回帰分析では, 従属変数に日常生活動作, 独立変数に RMVPA および共変量を投入した. すべての重回帰分析における独立変数間の最大相関係数は-0.255 (年齢と RMVPA), 多重共線性の危険性を示す尺度である variance inflation factor (VIF) は, 最大で 1.10 であり許容できる値であることを確認した.

すべての統計処理には統計解析ソフト IBM SPSS Statistics Version 21 を用い, 統計的有意水準は 5%とした.

### 第3項 結果

#### (1) 対象者の基本的特徴

Table 5-1-1 に、対象者の基本的特徴を各日常生活動作低位群と高位群から比較した統計値を示した。

5回椅子立ち上がり低位群と5回椅子立ち上がり高位群の群間では、年齢、身長、BMI、座位行動時間、低強度身体活動時間、中高強度身体活動時間、RSB、RLPA、RMVPA、装着時間、服薬・心疾患・腰痛・膝痛の有無に有意差を認めた ( $P < 0.05$ )。

Timed up and go 低位群と timed up and go 高位群の群間では、年齢、性、身長、体重、BMI、座位行動時間、低強度身体活動時間、中高強度身体活動時間、RSB、RLPA、RMVPA、装着時間、服薬・高血圧・糖尿病・心疾患・呼吸器疾患・腰痛・膝痛の有無に有意差を認めた ( $P < 0.05$ )。

開眼片足立ち低位群と開眼片足立ち高位群の群間では、年齢、身長、BMI、座位行動時間、低強度身体活動時間、中高強度身体活動時間、RSB、RLPA、RMVPA、装着時間、服薬・高血圧・糖尿病・心疾患・膝痛の有無に有意差を認めた ( $P < 0.05$ )。

Table 5-1-1. Characteristics of the study population (n = 799).

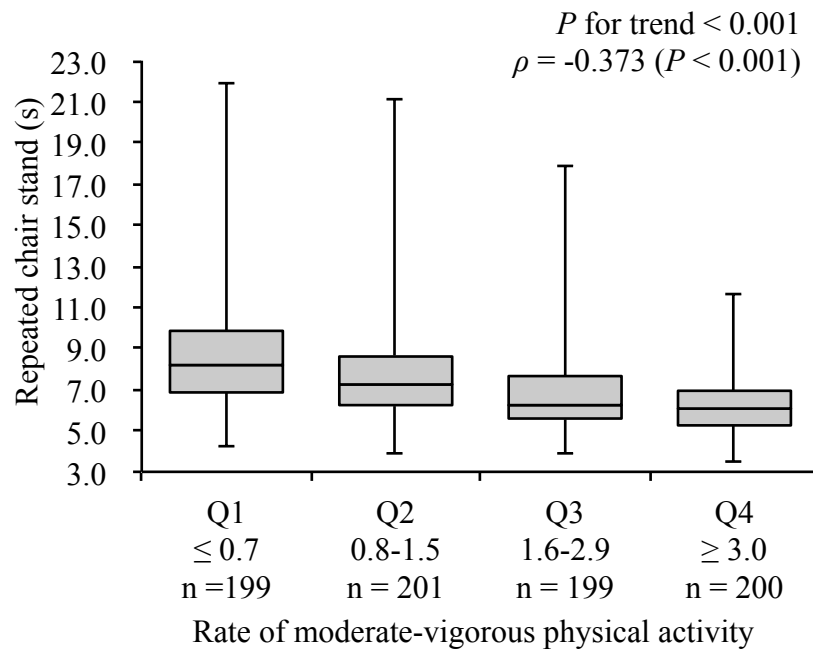
	Group-low-RCS		Group-high-RCS		Group-low-TUG		Group-high-TUG		Group-low-SLS		Group-high-SLS	
	> 6.9 sec n = 399	≤ 6.8 sec n = 400	> 6.4 sec n = 390	≤ 6.3 sec n = 409	≤ 6.4 sec n = 390	> 6.3 sec n = 409	≤ 38.7 sec n = 399	> 38.8 sec n = 400	≤ 38.7 sec n = 399	> 38.8 sec n = 400	P values	P values
Age, years	74.6 ± 6.0	70.4 ± 5.1	75.2 ± 5.7	70.0 ± 4.9	75.2 ± 5.7	70.0 ± 4.9	75.0 ± 6.0	70.1 ± 4.7	75.0 ± 6.0	70.1 ± 4.7	<0.001	<0.001
Sex, men/women	94/305	93/307	75/315	112/297	75/315	112/297	102/297	85/315	102/297	85/315	0.007	0.156
Height, cm	151.1 ± 8.4	153.5 ± 7.6	149.7 ± 8.0	154.7 ± 7.4	149.7 ± 8.0	154.7 ± 7.4	151.1 ± 8.8	153.5 ± 7.2	151.1 ± 8.8	153.5 ± 7.2	<0.001	<0.001
Weight, kg	54.3 ± 9.6	54.5 ± 8.7	53.8 ± 9.8	55.1 ± 8.5	53.8 ± 9.8	55.1 ± 8.5	54.7 ± 9.6	54.2 ± 8.7	54.7 ± 9.6	54.2 ± 8.7	0.029	0.344
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>	23.8 ± 3.5	23.1 ± 2.9	23.9 ± 3.6	23.0 ± 2.8	23.9 ± 3.6	23.0 ± 2.8	23.9 ± 3.5	22.9 ± 2.9	23.9 ± 3.5	22.9 ± 2.9	<0.001	<0.001
Medication use, n (%)	306 (76.7)	252 (63.0)	313 (80.3)	245 (59.9)	313 (80.3)	245 (59.9)	307 (76.9)	251 (62.8)	307 (76.9)	251 (62.8)	<0.001	<0.001
Medical history, n (%)												
Stroke	11 (2.8)	12 (3.0)	12 (3.1)	11 (2.7)	12 (3.1)	11 (2.7)	7 (1.8)	16 (4.0)	7 (1.8)	16 (4.0)	0.834	0.060
Hypertension	181 (45.4)	126 (31.5)	183 (46.9)	124 (30.3)	183 (46.9)	124 (30.3)	128 (32.0)	179 (44.9)	128 (32.0)	179 (44.9)	<0.001	<0.001
Diabetes	35 (8.8)	24 (6.0)	40 (10.3)	19 (4.6)	40 (10.3)	19 (4.6)	43 (10.8)	16 (4.0)	43 (10.8)	16 (4.0)	0.003	<0.001
Heart disease	43 (10.8)	21 (5.3)	46 (11.8)	18 (4.4)	46 (11.8)	18 (4.4)	37 (9.3)	27 (6.8)	37 (9.3)	27 (6.8)	<0.001	0.195
Respiratory disease	11 (2.8)	8 (2.0)	14 (3.6)	5 (1.2)	14 (3.6)	5 (1.2)	12 (3.0)	7 (1.8)	12 (3.0)	7 (1.8)	0.035	0.257
Osteoporosis	38 (9.5)	24 (6.0)	36 (9.2)	26 (6.4)	36 (9.2)	26 (6.4)	29 (7.3)	33 (8.3)	29 (7.3)	33 (8.3)	0.146	0.600
Joint pain, n (%)												
Low back pain	128 (32.1)	79 (19.8)	120 (30.8)	87 (21.3)	120 (30.8)	87 (21.3)	109 (27.3)	98 (24.5)	109 (27.3)	98 (24.5)	0.003	0.375
Hip pain	17 (4.3)	10 (2.5)	17 (4.4)	10 (2.4)	17 (4.4)	10 (2.4)	17 (4.3)	10 (2.5)	17 (4.3)	10 (2.5)	0.170	0.177
Knee pain	123 (30.8)	74 (18.5)	122 (31.3)	75 (18.3)	122 (31.3)	75 (18.3)	124 (31.1)	73 (18.3)	124 (31.1)	73 (18.3)	<0.001	<0.001
Physical activity												
SB, min/day	794.8 ± 89.1	806.6 ± 93.6	791.1 ± 88.2	809.8 ± 93.8	791.1 ± 88.2	809.8 ± 93.8	787.8 ± 81.0	813.6 ± 99.4	787.8 ± 81.0	813.6 ± 99.4	0.004	0.001
LPA, min/day	53.5 ± 22.3	60.9 ± 22.0	52.6 ± 22.1	61.5 ± 21.9	52.6 ± 22.1	61.5 ± 21.9	52.8 ± 22.2	61.6 ± 21.8	52.8 ± 22.2	61.6 ± 21.8	<0.000	<0.000
MVPA, min/day	12.3 ± 12.4	22.8 ± 16.2	13.2 ± 13.2	21.7 ± 16.0	13.2 ± 13.2	21.7 ± 16.0	13.8 ± 13.5	21.3 ± 16.2	13.8 ± 13.5	21.3 ± 16.2	<0.000	<0.000
RSB, %	92.4 ± 3.4	90.5 ± 3.5	92.3 ± 3.5	90.6 ± 3.5	92.3 ± 3.5	90.6 ± 3.5	92.2 ± 3.5	90.7 ± 3.6	92.2 ± 3.5	90.7 ± 3.6	<0.000	<0.000
RLPA, %	6.2 ± 2.6	6.9 ± 2.4	6.1 ± 2.5	6.9 ± 2.5	6.1 ± 2.5	6.9 ± 2.5	6.2 ± 2.6	6.9 ± 2.4	6.2 ± 2.6	6.9 ± 2.4	<0.000	<0.000
RMVPA, %	1.4 ± 1.4	2.6 ± 1.9	1.5 ± 1.5	2.4 ± 1.8	1.5 ± 1.5	2.4 ± 1.8	1.6 ± 1.6	2.4 ± 1.8	1.6 ± 1.6	2.4 ± 1.8	<0.000	<0.000
Wear time, min/day	860.6 ± 90.7	890.2 ± 92.0	856.9 ± 90.1	893.1 ± 91.4	856.9 ± 90.1	893.1 ± 91.4	854.3 ± 81.6	896.5 ± 97.9	854.3 ± 81.6	896.5 ± 97.9	<0.001	<0.000

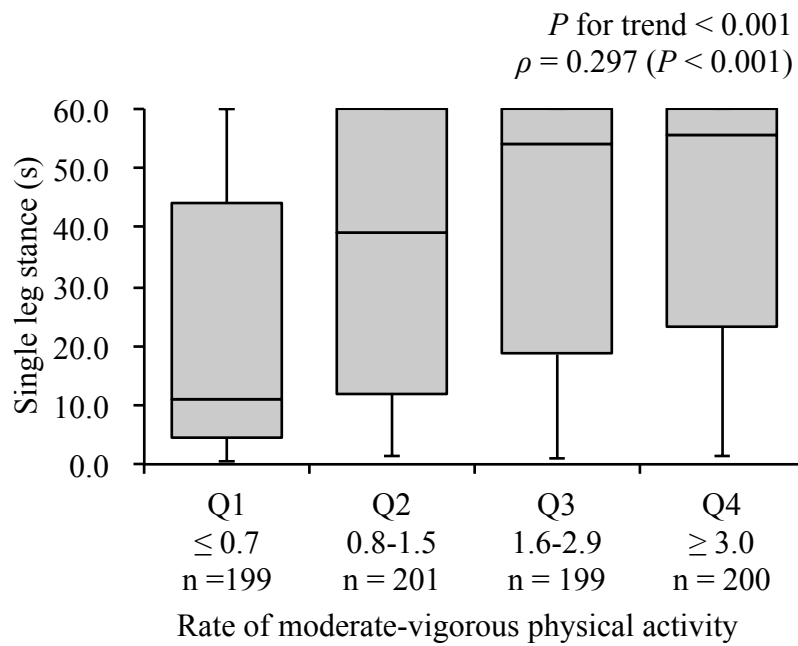
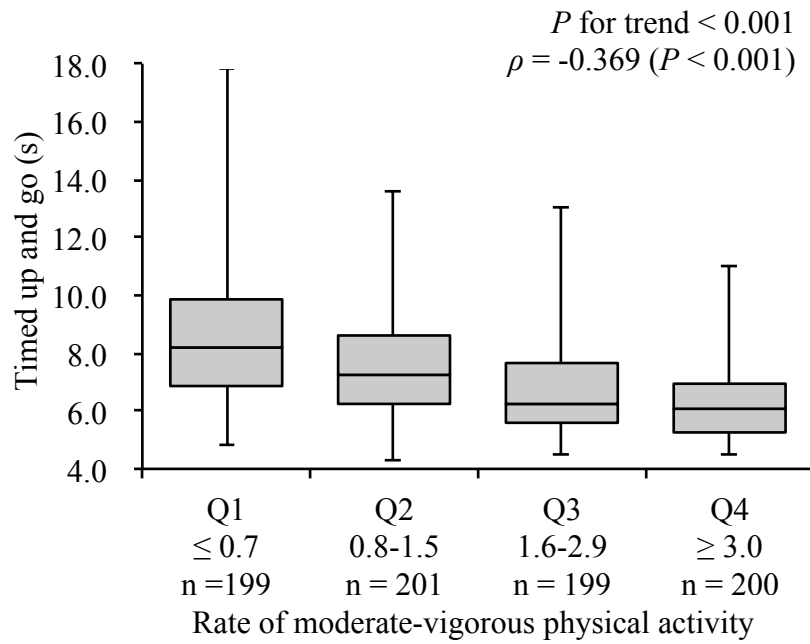
Data are presented as mean ± standard deviation or n (%).

RCS: repeated chair stands, TUG: timed up &amp; go, SLS: single leg stance, SB: sedentary behaviour, RSB: rate of sedentary behaviour, LPA: light physical activity, RLPA: rate of light physical activity, MVPA: moderate-vigorous physical activity, RMVPA: rate of moderate-vigorous physical activity.

(2) 日常生活動作と RMVPA の関連 (単変量解析)

Figure 5-1-1 に, RMVPA4 分位と各日常生活動作との傾向性検定の結果を示した. すべての日常生活動作と RMVPA に量・反応関係 ( $P < 0.001$ ) を認め, 高い RMVPA は, 良好な日常生活動作と関連していた. また, RMVPA と日常生活動作との関連度を示す順位相関係数  $\rho$  についても, すべての日常生活動作項目で有意な関連が認められた (5 回椅子立ち上がり:  $\rho = -0.373$ , timed up and go:  $\rho = -0.369$ , 開眼片足立ち:  $\rho = 0.297$ ,  $P < 0.001$ ).





**Figure 5-1-1. Association between quartile of rate of moderate-vigorous physical activity and performance of daily living.**

(3) 日常生活動作と RMVPA の関連 (多変量解析)

Table 5-1-2 に、各日常生活動作を従属変数、RMVPA および共変量を独立変数とした stepwise 法による重回帰分析の結果を示した。すべての重回帰式で、RMVPA は、各日常生活動作項目と有意な関連が認められ (5 回椅子立ち上がり:  $\beta = -0.24$ , timed up and go:  $\beta = -0.21$ , 開眼片足立ち:  $\beta = 0.15$ ,  $P < 0.001$ ), いずれも RMVPA の高値は、良好な日常生活動作と関連していた。

**Table 5-1-2. Multiple regression analysis to identify the association between rate of moderate-vigorous physical activity and performance of daily living by stepwise (n = 799).**

Dependent value	Significant Independent value	$\beta$	P for value	Adjusted $R^2$
Repeated chair stand	Age	0.35	< 0.001	0.27
	RMVPA	-0.24	< 0.001	
	Body mass index	0.10	0.001	
	Low back pain	0.09	0.003	
	Knee pain	0.09	0.003	
Timed up & go	Age	0.43	< 0.001	0.36
	RMVPA	-0.21	< 0.001	
	Knee pain	0.12	< 0.001	
	Body mass index	0.12	< 0.001	
	Sex	0.12	< 0.001	
	Diabetes	0.10	< 0.001	
Single leg stance	Low back pain	0.07	0.017	0.29
	Age	-0.41	< 0.001	
	Body mass index	-0.13	< 0.001	
	RMVPA	0.15	< 0.001	
	Diabetes	-0.13	< 0.001	
	Knee pain	-0.10	0.001	

Independent values: RMVPA, age, medication use, heart disease, osteoporosis, low back pain, and knee pain.

(3) 日常生活動作と RMVPA の関連（層別化解析）

Table 5-1-3 に、各日常生活動作を従属変数、RMVPA および共変量を独立変数とした性・年齢・疾患・関節痛の有無による層別化分析の結果を示した。すべての重回帰式で、RMVPA は、各日常生活動作項目と有意な関連が認められ、いずれも RMVPA の高値は、良好な日常生活動作と関連していた。

**Table 5-1-3. Stratified multiple regression analysis to identify the association between rate of moderate-vigorous physical activity and performance of daily living by forced entry (n = 799).**

	Sex*				Age†				Number of medical histories and joint pains‡			
	Men n = 187		Women n = 612		< 75 years old n = 528		≥ 75 years old n = 271		0 n = 237		≥ 1 n = 562	
	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P
Repeated chair stand	-0.28	<0.001	-0.25	<0.001	-0.24	<0.001	-0.32	<0.001	-0.30	<0.001	-0.24	<0.001
Single leg stance	0.20	0.005	0.14	<0.001	0.13	0.002	0.23	<0.001	0.13	0.036	0.17	<0.001
Timed up and go	-0.22	0.001	-0.22	<0.001	-0.20	<0.001	-0.30	<0.001	-0.22	<0.001	-0.23	<0.001

Note:  $\beta$  = standard partial regression coefficient for rate of moderate-vigorous physical activity.

\*: Adjusted for age, body mass index, and medical histories and joint pains.

†: Adjusted for age, sex, body mass index, and medical histories and joint pains.

‡: Adjusted for age, sex, and body mass index.



#### 第 4 項 考察

研究課題 1-2-a では、客観的に評価された中高強度身体活動時間が、日常生活動作と独立して関連するか 799 名の高齢者を対象に横断的に検討した。世界的にみても、加速度計によって評価された中高強度身体活動時間と高齢期の日常生活動作との関連性を大規模に検討した研究は見当たらない。本研究の結果、中高強度身体活動時間は、日常生活動作と有意に関連し、多い中高強度身体活動時間は、良好な日常生活動作（素早い移動や立ち座り、長いバランス保持時間）と他の交絡要因（年齢や疾患、関節痛等）から独立して関連することが示された。また、層別化分析の結果、中高強度身体活動時間は、すべての層（女性と男性、75 歳未満と 75 歳以上、疾患・関節痛有さないと疾患・関節痛を 1 つ以上有する）で日常生活動作と有意に関連していた。このことから、性や年齢、疾患・関節痛等を考慮しても中高強度身体活動を実践することの日常生活動作に対する有効性が示された。

Aoyagi et al. (2009) は、中之条研究に参加した 65-84 歳の地域在住高齢者 170 名の日常生活動作（歩行速度、等尺性膝伸展筋力、動的・静的バランス能力）と加速度計を用いて評価した身体活動量との関連性を検討した。その結果、中高強度身体活動時間は、バランス能力と有意な関連が認められなかったものの、歩行速度 ( $r = 0.27, P < 0.05$ ) や等尺性膝伸展筋力 ( $r = 0.25, P < 0.05$ ) と有意な正の相関関係が認められたと報告している。Gerdhem et al. (2007) は、Malmö OPRA study に参加したスウェーデン人高齢女性 57 名（すべて 80 歳）の日常生活動作（通常歩行速

## 第5章 第1節 研究課題 1-2-a

度、等尺性膝伸展・屈曲筋力、静的バランス)と加速度計を用いて評価した中高強度身体活動時間との関連性を検討した。その結果、中高強度身体活動時間は、通常歩行速度と有意な相関係数が得られたものの ( $r = 0.41, P = 0.002$ ), 等尺性膝伸展・屈曲筋力 ( $r = 0.21, P = 0.160; r = 0.15, P = 0.307$ ) や静的バランス ( $r = 0.07, P = 0.60$ ) とは有意な相関関係が認められなかったと報告している。いずれの研究も、日常的な中高強度身体活動時間が歩行速度と有意に関連する点で、本研究の結果と一致していた。下肢筋力と中高強度身体活動時間との関連については、Aoyagi et al. (2009) の報告では、両者に有意な関連が認められたものの、Gerdhem et al. (2007) の報告では両者に有意な関連がみられなかったことから、中高強度身体活動が高齢者の下肢筋力に関連するかどうか、一致した見解が得られていない。本研究の結果から、中高強度身体活動時間と下肢筋力の評価指標である5回椅子立ち上がりに有意な相関関係 ( $\rho = -0.459, P < 0.001$ ) と量・反応関係 ( $P \text{ for trend} < 0.001$ ) が認められた。また、年齢以外の交絡要因(服薬・心疾患・骨粗鬆症・腰痛・膝痛の有無)で調整しても、有意に独立して関連したことから、本研究結果は、Aoyagi et al. (2009) の報告を支持している結果となった。中高強度身体活動時間とバランス能力の関連については、先行研究では関連がみられなかったものの、本研究結果では、中高強度身体活動時間と静的なバランス能力の評価指標である開眼片足立ちに、有意な相関関係 ( $\rho = 0.345, P < 0.001$ ) と量・反応関係 ( $P \text{ for trend} < 0.001$ ) に加え、その他の交絡要因を調整した重回帰分析でも、中高強度身体活動時間が有意な独立変数とし

て採択された ( $\beta = 0.15, P < 0.001$ ). 客観的に評価された中高強度身体活動量が、高齢者のバランス能力と関連するという本研究結果は、新しい知見であると考えられる。Gerdhem et al. (2007) は、中高強度身体活動量とバランス能力に関連がみられなかった要因として、少ない対象者数 (57 名) で関連性を検討したことを、研究の限界で述べている。本研究では、両者の関連性を検討するにあたり、十分な対象者数 (799 名) をもとに検定したことにより、有意な関連性が認められたと考えられる。

## 第5項 結語

課題 1-2-a の結果から、日常的な中高強度身体活動量は、高齢者の日常生活動作と性、年齢、疾患・関節痛等の交絡要因から独立して有意に関連することが示された。日常生活の中で、なるべく多くの中高強度身体活動時間を確保することで、素早い移動や、椅子からの立ち座り、安定したバランス能力が保持され、日常生活動作が良好に保持される可能性が示された。

## 第5章

### 第2節

#### 研究課題 1-2-b

#### 日常生活動作と低強度身体活動時間との関連

##### 【Research question】

高齢期における低強度身体活動時間は、性や年齢、疾患・関節痛の有無等の交絡要因および中高強度身体活動時間から独立して日常生活動作と関連するか？

##### 【関連論文】

Osuka et al. Association between habitual light-intensity physical activity and lower-extremity performance: a cross-sectional study of community-dwelling older Japanese adults. *Geriatrics & Gerontology International* (in press) .

#### 第1項 目的

研究課題 1-2-a の結果から、中高強度身体活動時間が多いと、日常生活動作が良好であることが示された。一方で、高齢者の日常生活時間の内訳は、低強度身体活動時間が 21.3%を占め、中高強度身体活動時間は、1%未満であることが報告されている (Arnardottir et al., 2013)。低強度身体活動時間は、中高強度身体活動時

間の20倍以上にあたるため、中高強度身体活動だけでなく、家事や散歩など低強度身体活動も、高齢者の日常生活動作と有意に関連する可能性がある。Buman et al.

(2010)は、The Senior Neighborhood Quality of Life Studyに参加した65歳以上の高齢者862名を対象に、自己報告による下肢機能評価と加速度計評価による身体活動量との関連を混合効果モデルによって横断的に検討した。その結果、共変量で調整しても、長い低強度身体活動時間は、良好な自己下肢機能評価と関連すると報告している。したがって、中高強度身体活動時間に限らず、低強度身体活動時間を確保することで、高齢者の日常生活動作を良好に維持できる可能性があると考えられるが、Buman et al. (2010)の調査では、下肢機能を自己報告から評価しており、客観的な手法による下肢の機能評価を今後の研究課題としている。

そこで研究課題 1-2-b では、パフォーマンステストを用いて日常生活動作を評価し、高齢期における低強度身体活動時間との関連を横断的に検討することを目的とした。研究課題 1-2-a では、中高強度身体活動時間が、日常生活動作の独立した関連要因であることが示されたことから、低強度身体活動時間そのものと日常生活動作との関連性を検討する場合、年齢や疾患、関節痛だけでなく中高強度身体活動時間で調整する必要があると考えられる。低強度身体活動時間が中高強度身体活動時間から独立して日常生活動作と関連するかについても検討課題とした。

## 第2項 方法

### (1) 対象者

対象者は、課題 1-2-a で示したとおりである。

### (2) 測定項目および測定方法

形態指標（身長，体重など），身体活動量（低強度身体活動時間，中高強度身体活動時間，RLPA，RMVPA），日常生活動作3項目（5回椅子立ち上がり，timed up and go，開眼片足立ち）を測定し，既往歴・関節痛・服薬の有無に関するインタビュー調査をおこなった。これらは，すべて，第3章「測定項目と測定方法」に示した方法により測定した。

### (3) 統計解析

各項目の測定値は，平均値 ± 標準偏差または該当者数（%）で示した。RLPA を人数から4分位（Q1: ≤ 4.8%, Q2: 4.9-6.3%, Q3: 6.4-8.0%, Q4: ≥ 8.0%）に分類し，日常生活動作との傾向性を Jonckheere terpstra trend test によって評価した。また，RLPA と日常生活動作との関連度を，Spearman の順位相関係数（ $\rho$ ）によって評価した。低強度身体活動時間が，日常生活動作と独立して関連するか検討するために，stepwise 法による重回帰分析をおこなった。重回帰分析では，従属変数に日常生活動作，独立変数に2つのモデル（モデル1，モデル2）を階層的に投入した。モデル

1 では RLPA, および日常生活動作低位群と日常生活動作高位群で有意差がみられた項目を共変量として投入し, モデル2 ではモデル1 に RMVPA を加えて投入した. さらに, 日常生活動作と低強度身体活動時間の交絡要因として, 両者への影響が大きいと考えられる因子に配慮し, 性 (男性, 女性), 年齢 (75 歳未満, 75 歳以上), 疾患・関節痛の有無 (無し, 少なくとも1つを有する) に層別化し, それぞれ重回帰分析をおこなった. 層別化による重回帰分析では, 従属変数に日常生活動作, 独立変数に RLPA および共変量を投入した. 重回帰分析における変数間の最大相関係数は0.44 (RMVPA と RLPA), 多重共線性の危険性を示す尺度である variance inflation factor (VIF) は, 最大で 1.30 であり, それぞれ許容できる値であることを確認した.

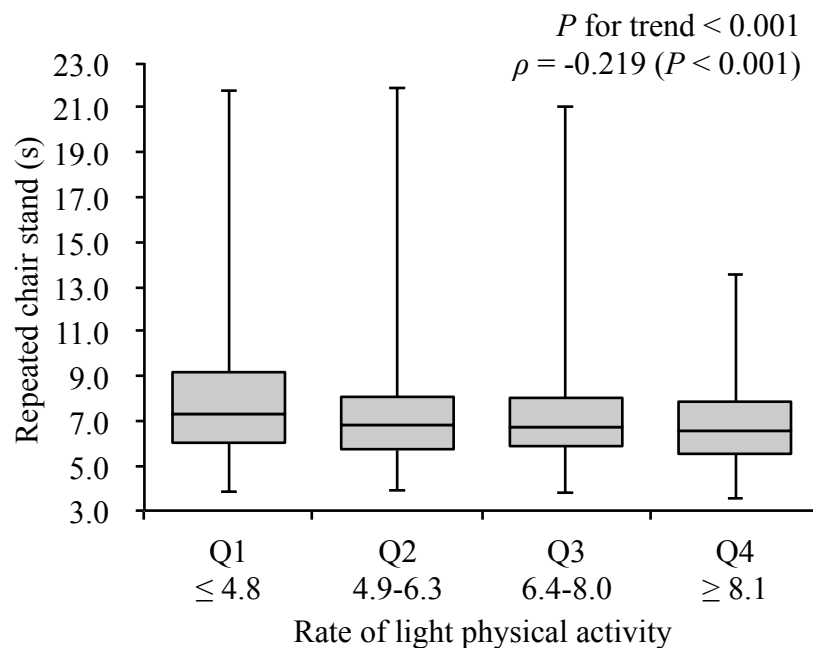
すべての統計処理には統計解析ソフト IBM SPSS Statistics Version 21 を用い, 統計的有意水準は 5%とした.

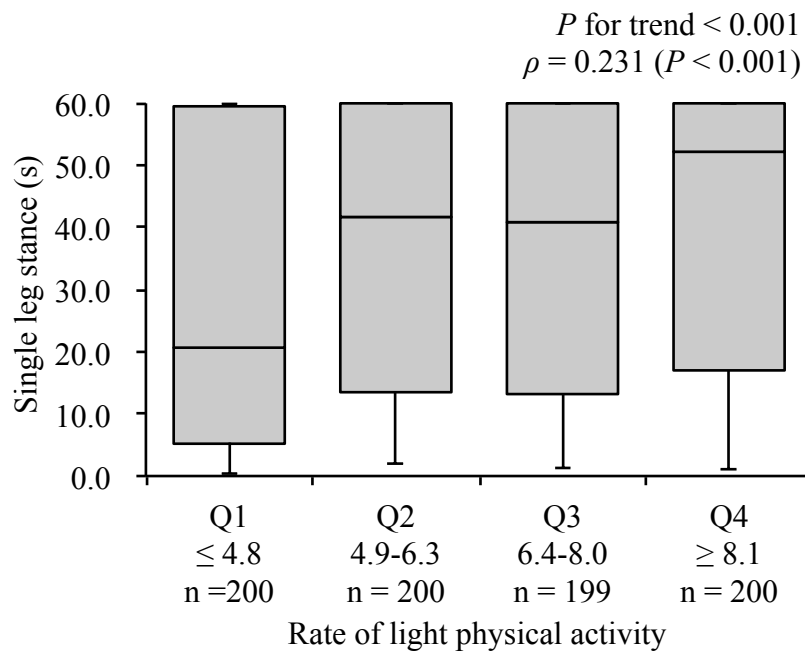
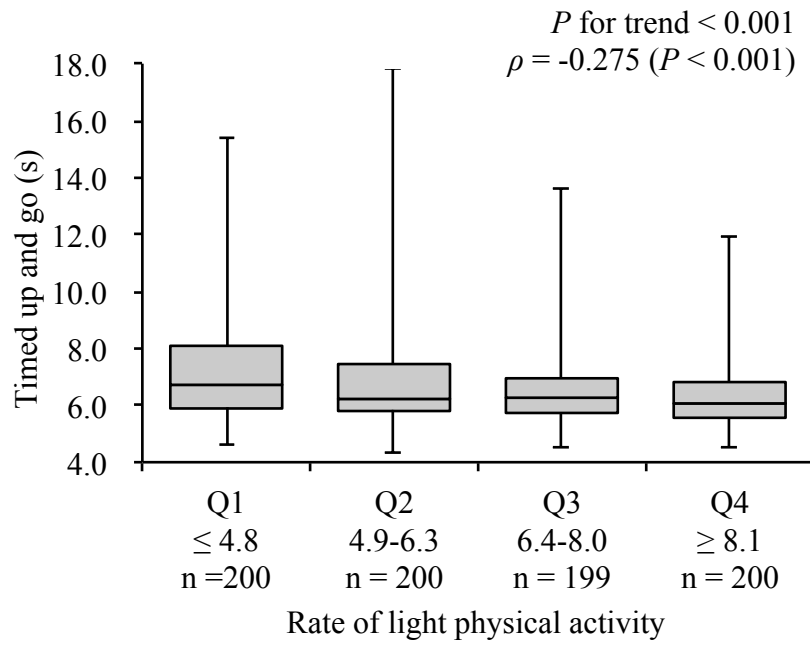


### 第3項 結果

#### (1) 日常生活動作と RLPA の関連 (単変量解析)

Figure 5-2-1 に、RLPA4 分位と日常生活動作との傾向性検定の結果を示した。すべての日常生活動作と RLPA に量・反応関係 ( $P < 0.001$ ) を認め、高い RLPA は、良好な日常生活動作と関連していた。また、RLPA と日常生活動作との関連度を示す順位相関係数  $\rho$  についても、すべての日常生活動作項目で有意な関連が認められた (5 回椅子立ち上がり:  $\rho = -0.219$ , timed up and go:  $\rho = -0.275$ , 開眼片足立ち:  $\rho = 0.231$ ,  $P < 0.001$ )。





**Figure 5-2-1. Association between quartile of rate of light physical activity and performance of daily living.**

(2) 日常生活動作と RLPA の関連 (多変量解析)

Table 5-2-1 に、各日常生活動作を従属変数、モデル1およびモデル2をそれぞれ独立変数とした stepwise 法による重回帰分析の結果を示した。モデル1の重回帰式では、RLPA は、timed up and go と有意な関連が認められ (timed up and go:  $\beta = -0.06$ ,  $P = 0.036$ ), RLPA の高値は良好な timed up and go と関連していた。一方で、モデル2の重回帰式では RLPA は、すべての重回帰式で有意な独立変数として採択されず、RMVPA が有意な独立変数としてすべての重回帰式で採択され (5 回椅子立ち上がり:  $\beta = -0.24$ , timed up and go:  $\beta = -0.21$ , 開眼片足立ち:  $\beta = 0.15$ ,  $P < 0.001$ ), いずれも RMVPA の高値は、良好な日常生活動作と関連していた。

**Table 5-2-1. Multiple regression analysis to identify the association between rate of light physical activity and performance of daily living by stepwise (n = 799).**

Dependent value	Model 1				Model 2			
	Significant Independent value	$\beta$	P for value	Adjusted $R^2$	Significant Independent value	$\beta$	P for value	Adjusted $R^2$
Repeated chair stand	Age	0.40	< 0.001	0.22	Age	0.35	< 0.001	0.27
	Knee pain	0.12	< 0.001		RMVPA	-0.24	< 0.001	
	Body mass index	0.12	< 0.001		Body mass index	0.10	0.001	
	Low back pain	0.11	< 0.001		Low back pain	0.09	0.003	
Timed up & go	Age	0.49	< 0.001	0.33	Knee pain	0.09	0.003	0.36
	Knee pain	0.14	< 0.001		Age	0.43	< 0.001	
	Body mass index	0.12	< 0.001		RMVPA	-0.21	< 0.001	
	Sex	0.12	< 0.001		Knee pain	0.12	< 0.001	
	Low back pain	0.09	0.004		Body mass index	0.12	< 0.001	
	Diabetes	0.09	0.004		Sex	0.12	< 0.001	
Single leg stance	RLPA	-0.06	0.036	0.27	Diabetes	0.10	< 0.001	0.29
	Age	-0.45	< 0.001		Low back pain	0.07	0.017	
	Body mass index	-0.14	< 0.001		Age	-0.41	< 0.001	
	Knee pain	-0.12	< 0.001		Body mass index	-0.13	< 0.001	
	Diabetes	-0.12	< 0.001	RMVPA	0.15	< 0.001		
				Diabetes	-0.13	< 0.001		
				Knee pain	-0.10	0.001		

Model 1: Independent value = RLPA, age, body mass index, heart disease, osteoporosis, and hip pain.

Model 2: Model1 + RMVPA.

RLPA: rate of light physical activity, RMVPA: rate of moderate-vigorous physical activity.

(3) 日常生活動作と RLPA の関連（層別化解析）

Table 5-2-2 に、各日常生活動作を従属変数、RLPA と共変量をそれぞれ独立変数とした性、年齢、疾患・関節痛の有無による層別化分析の結果を示した。75 歳未満の重回帰式では、RLPA は、5 回椅子立ち上がりと有意な関連が認められ（5 回椅子立ち上がり： $\beta = 0.17$ ,  $P < 0.036$ ）、RLPA の高値は遅い 5 回椅子立ち上がりと関連していた。また、疾患・関節痛を有さない群の重回帰式でも、RLPA は、5 回椅子立ち上がりと有意な関連が認められ（5 回椅子立ち上がり： $\beta = 0.17$ ,  $P = 0.007$ ）、RLPA の高値は遅い 5 回椅子立ち上がりと関連していた。その他の重回帰式では、RLPA は各日常生活動作と有意な関連が認められなかった。

**Table 5-2-2. Stratified multiple regression analysis to identify the association between rate of light physical activity and performance of daily living by forced entry (n = 799).**

	Sex*				Age†				Number of medical histories and joint pains‡			
	Men n = 187		Women n = 612		< 75 years old n = 528		≥ 75 years old n = 271		0 n = 237		≥ 1 n = 562	
	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P
Repeated chair stand	0.08	0.291	0.05	0.169	0.17	< 0.001	-0.07	0.267	0.17	0.007	0.02	0.587
Single leg stance	-0.04	0.562	-0.02	0.601	0.00	0.988	-0.09	0.158	-0.05	0.471	-0.02	0.576
Timed up and go	0.07	0.307	-0.01	0.890	0.07	0.103	-0.05	0.374	0.09	0.155	-0.01	0.748

Note:  $\beta$  = standard partial regression coefficient for rate of light physical activity.

\*: Adjusted for age, body mass index, medical histories and joint pains, and rate of moderate-vigorous physical activity.

†: Adjusted for age, sex, body mass index, medical histories and joint pains, and rate of moderate-vigorous physical activity.

‡: Adjusted for age, sex, body mass index, and rate of moderate-vigorous physical activity.

#### 第 4 項 考察

課題 1-2-a や先行研究から、多い中高強度身体活動時間は良好な日常生活動作と有意に関連することが確認されたものの、客観的に評価された低強度身体活動時間が、高齢者の日常生活動作と関連するか検討した研究は、著者が知る限りでは見当たらない。課題 1-2-b では、低強度身体活動時間の多寡が、中高強度身体活動時間から独立して日常生活動作と関連するという仮説の検証を試みた。低強度身体活動時間は、日常生活動作と有意な量・反応関係および相関係数が認められたものの、重回帰分析を用いて低強度身体活動時間が中高強度身体活動時間から独立して日常生活動作と関連するか検討したところ、低強度身体活動時間は有意な独立変数として採択されず、中高強度身体活動時間が有意な独立変数として採択された。

#### 低強度身体活動時間と日常生活動作との関連

低強度身体活動時間が、日常生活動作と独立して有意に関連しなかった要因は、次の 3 つが考えられる。第 1 に、Buman et al. (2010) は、多い低強度身体活動時間は良好な下肢機能と関連することを報告したが、下肢機能を自己報告から評価しており、パフォーマンステストを用いて評価した本研究と比較して、データの質が客観性という点で異なる。高齢期の下肢機能は、多様な要因が複合的に絡み合っただけで低下することから (Onder et al., 2006; Hubscher et al., 2010; Davison., 2002; Visser et al., 2005; MacDermott et al., 2003)、自己報告による下肢機能の評価は、客観的に機

能を評価した場合よりも過大に報告する可能性が示されている (Merrill et al., 1997).

Buman et al. (2010) の研究は、下肢機能を実際よりも過大に評価し、低強度身体活動時間との直接的な因果関係を歪めた可能性がある。低強度身体活動時間と日常生活動作に直接的な関連が認められなかった本研究結果は、データの客観性から新たな知見を示すものと考えられる。第2に、高齢期における日常生活動作は、低強度身体活動時間そのものよりも、中高強度身体活動時間が強く関連する可能性がある。傾向性の検定や単相関分析、モデル1を独立変数とした重回帰式において、低強度身体活動時間は日常生活動作と有意な正の関係を示していたものの、モデル1での共変量に RMVPA を加えたモデル2では、両者の関連性は消失している。日常生活を営むうえで必要なヒトの筋力は、最大筋力の 20-35%の筋収縮によって保持されると考えられているが、逆に、日常生活動作での筋収縮力が最大筋力の 20%以下であれば、筋力は徐々に低下すると報告されている (猪飼, 2005)。つまり、個人差はあるものの、一定の強度を有する活動を日常的に実践しなければ、加齢による筋力やバランス能力の低下を抑制することは難しく、本研究で使用した加速度計が示す「低強度身体活動」では、日常生活動作に良好な影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。第3に、日常生活動作には、様々な交絡要因が複合的に関連しており (Onder et al., 2006; Hubscher et al., 2010; Davison., 2002; Visser et al., 2005; MacDermott et al., 2003), 低強度身体活動時間との直接的な関係を弱めた可能性がある。実際に、いくつかの交絡要因 (BMI や関節痛) は、低強度身体活動時間よりも日常生活動作とよ

く関連していた。今後は、疾患や関節痛の「有無」だけでなく、より詳細な疾患や関節痛の情報をもとに、低強度身体活動時間と日常生活動作との関連性を検討することで、低強度身体活動時間の疾患・関節痛別の有効性が新たに示されると考えられる。

### 低強度身体活動時間の捉え方

ここでは、低強度身体活動量と日常生活動作との関連性を考察し、高齢期における低強度身体活動量の有用性について説明する。研究課題 1-2-b の結果から、低強度身体活動時間は、日常生活動作と直接的な関連が認められなかった。しかし、本研究でも低強度身体活動時間と日常生活動作には有意な相関関係や量・反応関係が認められている。身体的な虚弱化が著しく進み、活動強度が 4 (3.6METs) 以上の活動時間を確保することが難しい高齢者では、日常生活で実践している活動の強度という概念を考慮しなければ、低強度身体活動時間は日常生活動作を良好に保持していくうえで、重要な指標となりうるのかもしれない。実際に、本課題の結果からも 75 歳未満と 75 歳以上で層別化して低強度身体活動時間と日常生活動作との関連性を検討した結果、75 歳未満では多い低強度身体活動時間は、遅い 5 回椅子立ち上がりと有意に関連したが、75 歳以上では多い低強度身体活動時間は、5 回椅子立ち上がりとは有意に関連しなかった。このように、年齢によって低強度身体活動時間の日常生活動作に対する有効性は異なる可能性がある。また、日常的に多い低強度身

体活動時間は、高齢者の低い空腹時血糖値や動脈スティフネスと関連することが先行研究によって報告されている (Healy et al., 2007; Gando et al., 2010; Gando et al., 2013). 低強度身体活動は、前期高齢者の日常生活動作には良好な影響を及ぼす可能性が低いものの、代謝系・循環器系疾患の予防的観点から鑑みると、重要な役割を担う可能性もある。加えて、Buman et al. (2010) は、低強度身体活動時間が、自己報告による下肢機能だけでなく、全体的健康感など心理的な指標と有意に関連することを報告している。強度に拘らないで散歩を実践することや、自分の身の丈に応じた動きによって日常生活を送ることによって、高齢者の心理面に良好な影響を及ぼす可能性も考えられる。今後は、対象者の活動目的や身体的特性（虚弱等）に応じて、低強度身体活動の有用性を検討する必要があると考えられる。



## 第5項 結語

研究課題 1-2-b の結果から、1日に占める低強度身体活動時間は、中高強度身体活動時間から独立して日常生活動作と有意に関連しなかった。一方で、すべての日常生活動作は、中高強度身体活動時間と有意に関連していた。したがって、日常生活動作の維持という観点から鑑みると、身体的な自立度が高い高齢者では、低強度身体活動時間よりも、例えばウォーキング等、日常生活以上の強度を有する身体活動時間を確実に増やすような対策を講ずる必要があると考えられる。

## 第5章

### 第3節

#### 研究課題 1-2-c

#### 日常生活動作と座位行動時間との関連

##### 【Research question】

高齢期における座位行動時間は、性や年齢、疾患・関節痛の有無等の交絡要因および中高強度身体活動時間から独立して日常生活動作と関連するか？

##### 【関連論文】

大須賀ら. 高齢期における日常的な座位行動時間は中高強度身体活動時間から独立して下肢パフォーマンスと関連するか-1 軸加速度計を用いた横断的検討-. 体力科学, 63 (1); 169-176.

##### 第1項 目的

研究課題 1-2-a では、中高強度身体活動時間の多寡が、高齢者の日常生活動作と有意に関連することが確認された。研究課題 1-2-b では、低強度身体活動の多寡は、高齢者の日常生活動作と独立して関連しないことが確認され、日常生活よりもやや強度が高いとされる身体活動が、高齢者の日常生活動作に良好な影響を及ぼす可能性が示された。

テレビ視聴や読書などの座位行動時間は、覚醒時における活動の中で最も大きな割合を占める活動（74.5%）であるにも関わらず（Arnardottir et al., 2013）、座位行動そのものが高齢者の健康状態に及ぼす影響について検討した研究は少ない（Seguin et al., 2012）。Seguin et al.（2012）は、Women’s Health Initiative Observational Study に参加した 50-79 歳の中高年アメリカ人女性 61609 名を、平均で 12.3 年間追跡し、座位行動時間と自己評価による身体機能の縦断的な関連性を調査した。その結果、年齢や総身体活動量等で調整しても、座位行動時間が長いと数年後の身体機能に対する自己評価が有意に低くなると報告している。長すぎる座位行動時間は、日常生活動作の低下に関連する独立した危険因子の 1 つであると考えられるが、Seguin et al.（2012）の調査では、座位行動時間を自己報告から評価している。高齢者の 1 日に占める活動の大部分は座位行動であり（Arnardottir et al., 2013）、高齢者が自身の座位行動時間を正確に回想し、質問紙に回答するのは難しいと考えられるため、客観的な手法による座位行動時間の評価は、今後の研究課題であると考えられる。

研究課題 1-2-c では、加速度計を用いて座位行動時間を推量し、高齢期における座位行動時間と日常生活動作との関連性を横断的に検討することを目的とした。加えて、研究課題 1-2-b でも検討したように、座位行動時間が、性や年齢、疾患・関節痛等の交絡要因や中高強度身体活動時間から独立して関連するかについても検討課題とした。

## 第 2 項 方法

### (1) 対象者

対象者は、課題 1-2-a で示したとおりである。

### (2) 測定項目および測定方法

形態指標（身長，体重など），身体活動量（座位行動時間，中高強度身体活動時間，RSB，RMVPA），日常生活動作 3 項目（5 回椅子立ち上がり，timed up & go，開眼片足立ち，）を測定し，既往歴・関節痛・服薬の有無に関するインタビュー調査をおこなった。これらは，すべて，第 3 章「測定項目と測定方法」に示した方法により測定した。

### (3) 統計解析

各項目の測定値は，平均値 ± 標準偏差または該当者数 (%) で示した。RSB を人数から 4 分位（Q1: ≤ 89.2%，Q2: 89.3-91.7%，Q3: 91.8-94.0%，Q4: > 94.0%）に分類し，日常生活動作との傾向性を Jonckheere terpstra trend test によって評価した。また，座位行動時間と各日常生活動作との関連度を，Spearman の順位相関係数 ( $\rho$ ) によって評価した。座位行動時間が，日常生活動作と独立して関連するか検討するために，stepwise 法による重回帰分析をおこなった。重回帰分析では，従属変数に日常生活動作，独立変数に 2 つのモデル（モデル 1，モデル 2）を階層的に投入した。

## 第5章 第3節 研究課題 1-2-c

モデル1ではRSB, および日常生活動作低位群と日常生活動作高位群で有意差を認めた項目を共変量として投入し, モデル2ではモデル1にRMVPAを加えて投入した. さらに, 日常生活動作と低強度身体活動時間の交絡要因として, 両者への影響が大きいと考えられる因子に配慮し, 性(男性, 女性), 年齢(75歳未満, 75歳以上), 疾患・関節痛の有無(無し, 少なくとも1つを有する)に層別化し, それぞれ重回帰分析をおこなった. 層別化による重回帰分析では, 従属変数に日常生活動作, 独立変数にRLPAおよび共変量を投入した. 重回帰分析における変数間の最大相関係数は-0.78(RSBとRMVPA)であり, 多重共線性の危険性を示す尺度であるvariance inflation factor(VIF)は, 最大で2.67であり許容できる値であることを確認した.

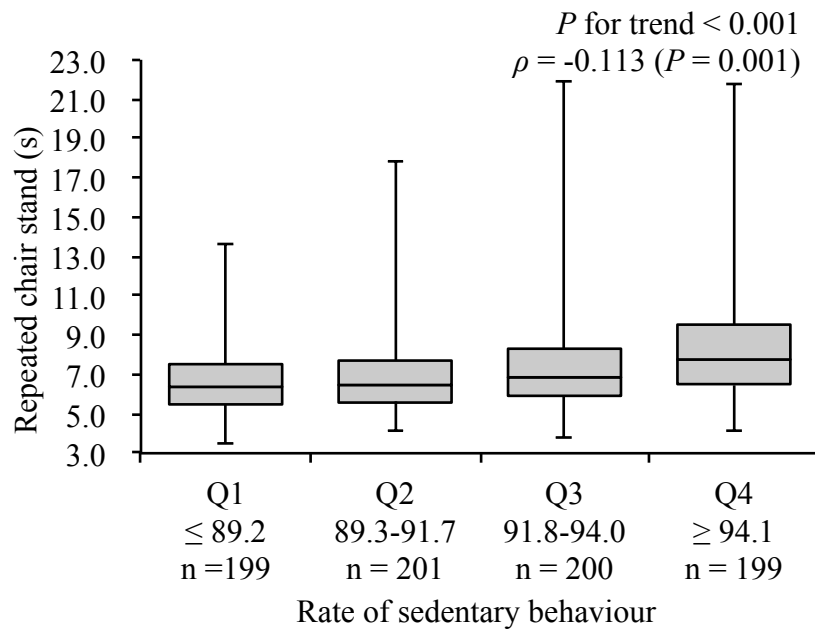
すべての統計処理には統計解析ソフトIBM SPSS Statistics Version 21を用い, 統計的有意水準は5%とした.

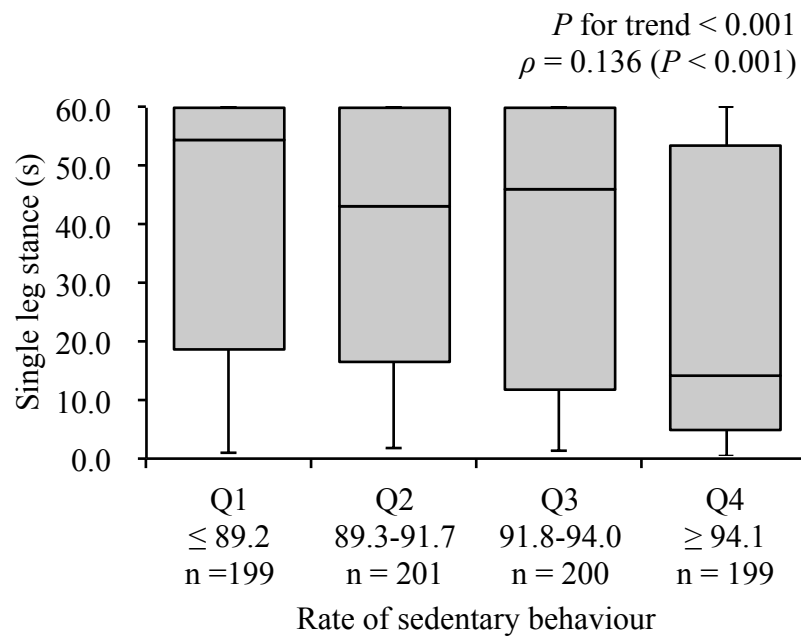
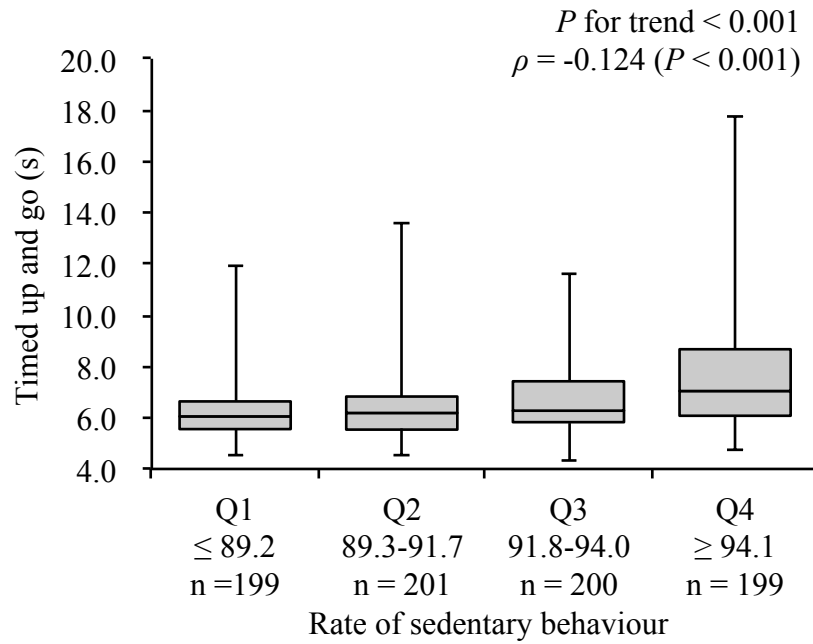
第3項 結果

(1) 日常生活動作とRSBの関連（単変量解析）

Figure 5-3-1 に、RSB4 分位と各日常生活動作との傾向性検定の結果を示した。すべての日常生活動作と RSB に量・反応関係 ( $P < 0.001$ ) を認め、高い RSB は、低い日常生活動作と関連していた。また、RSB と日常生活動作の関連度を示す順位相関係数  $\rho$  についても、すべての日常生活動作項目で有意な関連が認められた

(5 回椅子立ち上がり:  $\rho = -0.145$ , timed up and go:  $\rho = -0.216$ , 開眼片足立ち:  $\rho = -0.216$ ,  $P < 0.001$ )。





**Figure 5-3-1. Association between quartile of rate of sedentary behaviour and performance of daily living.**

(2) 日常生活動作と座位行動時間との関連（多変量解析）

Table 5-3-1 に、各日常生活動作を従属変数、モデル1およびモデル2をそれぞれ独立変数とした stepwise 法による重回帰分析の結果を示した。モデル1の重回帰式では、RSB は、すべての動作項目と有意な関連が認められ（5回椅子立ち上がり:  $\beta = 0.15$ , timed up and go:  $\beta = 0.15$ , 開眼片足立ち:  $\beta = -0.09$ ,  $P < 0.05$ ), RSB の高値は、低い日常生活動作と関連していた。一方で、モデル2の重回帰式では RSB は、すべての重回帰式で有意な独立変数として採択されず、RMVPA が有意な独立変数としてすべての重回帰式で採択され（5回椅子立ち上がり:  $\beta = -0.24$ , timed up and go:  $\beta = -0.21$ , 開眼片足立ち:  $\beta = 0.15$ ,  $P < 0.001$ ), いずれも RMVPA の高値は、良好な日常生活動作と関連していた。

**Table 5-3-1. Multiple regression analysis to identify the association between rate of sedentary behaviour and performance of daily living by stepwise (n = 799).**

Dependent value	Model 1				Model 2			
	Significant Independent value	$\beta$	P for value	Adjusted $R^2$	Significant Independent value	$\beta$	P for value	Adjusted $R^2$
Repeated chair stand	Age	0.36	< 0.001	0.24	Age	0.35	< 0.001	0.27
	RSB	0.15	< 0.001		RMVPA	-0.24	< 0.001	
	Knee pain	0.11	0.001		Body mass index	0.10	0.001	
	Low back pain	0.11	0.001		Low back pain	0.09	0.003	
	Body mass index	0.10	0.020		Knee pain	0.09	0.003	
Timed up and go	Age	0.44	< 0.001	0.34	Age	0.43	< 0.001	0.36
	RSB	0.15	< 0.001		RMVPA	-0.21	< 0.001	
	Knee pain	0.13	< 0.001		Knee pain	0.12	< 0.001	
	Body mass index	0.11	< 0.001		Body mass index	0.12	< 0.001	
	Sex	0.12	< 0.001		Sex	0.12	< 0.001	
	Diabetes	0.09	0.002		Diabetes	0.10	< 0.001	
	Low back pain	0.08	0.007		Low back pain	0.07	0.017	
Single leg stance	Age	-0.43	< 0.001	0.28	Age	-0.41	< 0.001	0.29
	Body mass index	-0.13	< 0.001		Body mass index	-0.13	< 0.001	
	Knee pain	-0.11	< 0.001		RMVPA	0.15	< 0.001	
	Diabetes	-0.12	< 0.001		Diabetes	-0.13	< 0.001	
	RSB	-0.09	0.004		Knee pain	-0.10	0.001	

Model 1: Independent value = RSB, age, body mass index, medication use, hypertension, diabetes, heart disease, osteoporosis, and knee pain.

Model 2: Model1 + RMVPA.

RSB: rate of sedentary behaviour, RMVPA: rate of moderate-vigorous physical activity.



(3) 日常生活動作と座位行動時間との関連（層別化解析）

Table 5-3-2 に、各日常生活動作を従属変数、RSB と共変量をそれぞれ独立変数とした性、年齢、疾患・関節痛の有無による層別化分析の結果を示した。75 歳未満の重回帰式では、RSB は、5 回椅子立ち上がりと有意な関連が認められ（5 回椅子立ち上がり:  $\beta = -0.24$ ,  $P < 0.001$ ）、RSB の高値は良好な 5 回椅子立ち上がりと関連していた。また、疾患・関節痛を有さない群の重回帰式でも、RSB は、5 回椅子立ち上がりと有意な関連が認められ（5 回椅子立ち上がり:  $\beta = -0.24$ ,  $P = 0.007$ ）、RSB の高値は良好な 5 回椅子立ち上がりと関連していた。その他の重回帰式では、RSB は各日常生活動作と有意な関連が認められなかった。

**Table 5-3-2. Stratified multiple regression analysis to identify the association between rate of sedentary behaviour and performance of daily living by forced entry (n = 799).**

	Sex*				Age†				Number of medical histories and joint pains‡			
	Men n = 187		Women n = 612		< 75 years old n = 528		≥ 75 years old n = 271		0 n = 237		≥ 1 n = 562	
	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P	$\beta$	P
Repeated chair stand	-0.11	0.291	-0.08	0.169	-0.24	< 0.001	0.09	0.267	-0.24	0.007	-0.03	0.587
Single leg stance	0.06	0.562	0.03	0.601	0.00	0.988	0.12	0.158	0.07	0.471	0.03	0.576
Timed up and go	-0.10	0.307	0.01	0.890	-0.10	0.103	0.07	0.374	-0.12	0.155	0.02	0.748

Note:  $\beta$  = standard partial regression coefficient for rate of sedentary behaviour.

\*: Adjusted for age, body mass index, medical histories and joint pains, and rate of moderate-vigorous physical activity.

†: Adjusted for age, sex, body mass index, medical histories and joint pains, and rate of moderate-vigorous physical activity.

‡: Adjusted for age, sex, body mass index, and rate of moderate-vigorous physical activity.

## 第4項 考察

研究課題 1-2-c は, 加速度計によって客観的に評価された座位行動時間が, 中高強度身体活動時間から独立して日常生活動作と関連するか横断的に検討した。世界的に見ても, 加速度計による座位行動時間と高齢期の日常生活動作との関連性を大規模に検討した研究は見当たらない。本研究対象者における1日あたりの座位行動時間は, 中高強度身体活動時間の約45倍以上にあたるため, 日常生活動作を良好に維持するうえで重要な指標であると考えられたが, 総活動時間の3%に満たない中高強度身体活動時間が, 日常生活動作を良好に維持していく上で重要な指標であることが示された。

### 座位行動時間と日常生活動作との関連

Seguin et al. (2012) は, 年齢や総身体活動量等で調整しても, 座位行動時間が長いと身体機能に対する自己評価が数年後に有意に低くなると報告している。しかし, 本研究では, 傾向性の検定や単相関分析, モデル1を独立変数とした重回帰式において, 座位行動時間は日常生活動作と負の関連を示していたものの, モデル1での共変量にRMVPAを加えたモデル2では, 両者の関連性は消失した。ここにSeguin et al. (2012)と本研究の結果の不一致がみられる。Seguin et al. (2012)と本研究の結果が一致しなかった要因は, 次の2つが考えられる。第1に, Seguin et al. (2012) は, 身体機能を自己報告から評価しており, パフォーマンステストを用い

て評価した本研究と比較して、機能評価に対するデータの質が客観性という点で異なることが考えられる。中・高齢期では、女性は、男性と比較して多くの健康問題に直面するため (Wingard, 1984), 身体的な障害を過大に報告する可能性が示されている (Merrill et al., 1997)。Seguin et al. (2012) の研究は、すべて女性を対象としていたことから、身体機能の低下を実際よりも過大に評価し、座位行動時間との直接的な因果関係を歪めたのかもしれない。第2に、Seguin et al.は、調整変数に総身体活動時間を投入しており、「一定以上の活動強度」が十分に考慮されていないことが考えられる。モデル2の重回帰式において、座位行動時間ではなく、中高強度身体活動時間が選択された本研究結果は、日常生活動作が、座位行動時間よりも中高強度身体活動時間とよく関連することを示している。Aoyagi et al. (2009) は、中之条研究に参加した65-84歳の地域在住高齢者170名の日常生活動作(歩行速度、等尺性膝伸展筋力、動的・静的バランス能力)と加速度計から推量した日常的な身体活動量の関連性を検討した。その結果、中高強度身体活動時間は、バランス能力とは有意な関連が認められなかったものの、歩行速度や等尺性膝伸展筋力と有意な正の相関が認められたと報告しており、本研究結果の一部を支持するものである。したがって、日常生活動作と座位行動時間が独立して関連するか否かを検討する場合、中高強度身体活動時間で調整することが必要であると考えられる。個人差はあるものの、一定の強度を有する活動を実践しなければ、加齢による筋力やバランス能力の低下を抑制することは、そもそも難しいと考えられる。トレーニングの原則の1

つである過負荷の原則から鑑みると、自立した日常生活を営む高齢者であれば、日常生活よりやや強度が高いとされる中高強度身体活動時間が、加齢による日常生活動作の低下を抑制するうえで、重要な因子となりうるであろう。

75歳未満の者や疾患・関節痛を有さない者を対象に、座位行動時間と5回椅子立ち上がりの関連性を検討した結果、多い座位行動時間は良好な5回椅子立ち上がりに関連していた。これまで座位行動時間は、日常生活動作の負の要因として考えられていたため、75歳未満の高齢者や疾患関節痛を有さない高齢者において正の要因として関連性を有した本研究結果は興味深い。これらの高齢者では、多い中高強度身体活動時間が良好な5回椅子立ち上がりに関連していたため、メリハリのある、あるいは偏りのない（中高強度身体活動時間だけでなく、座位行動時間も確保する）生活活動を送ることが良好な椅子からの立ち上がり能力の維持に重要なものかもしれない。

### 座位行動時間の捉え方

ここでは、座位行動時間と日常生活動作との関連から、高齢期における座位行動時間の捉え方について考察する。慢性的な座位行動時間や不活動時間が、ヒトの身体に及ぼす生理学的な機序は、未だ完全には解明されていないものの（猪飼, 2005）、肺炎や手術後の長期安静臥床では、筋骨格系（筋萎縮に伴う筋力の低下や関節の拘縮）や循環器系（循環血漿量の減少や、心予備能力の減退、起立性低血圧）

などの諸器官に、いわゆる「廃用症候」がみられると報告されている(中村ら, 1996).

例えば, 絶対安静の状態では筋収縮をおこなわないでいると, 1週間で10-15%の筋力低下が生じる (Müller, 1970). これは, 筋の萎縮 (筋蛋白質の分解能が合成能を上回る) や, 筋の収縮フィラメントの構造変化 (アクチンが減少することで, ミオシンとの間隔が増大し, クロスブリッジの遷移状態が変化する) によって引き起こされることが分かっている (Fitts et al., 2000; Udaka et al., 2008). これら一連における廃用の機序は, 長期臥床に伴う各器官の症候であり, 自宅で自立した日常生活を営む本研究の対象者とは環境が大きく異なる. しかし, 本研究でも RSB と下肢パフォーマンスには相関関係や量・反応関係が認められたことに加えて, 重回帰分析のモデル1では RSB が有意な説明変数として選択されているため, 日常的な座位行動時間は, 筋骨格系や循環器系の慢性的な廃用と関連し, その結果, 日常生活動作の低値に結びつく可能性がある. 推察に留まるが, 身体的な虚弱化が著しく進み, 活動強度が4 (3.6METs) 以上の活動時間を確保することが難しい高齢者では, 日常生活で実践している活動の強度という視点を考慮しなければ, RSB は日常生活動作を良好に保持していくうえで, 重要な指標となりうるのかもしれない.

## 第5項 結語

1日に占める座位行動時間は、中高強度身体活動時間から独立して日常生活動作と有意に関連しなかった。一方で、すべての日常生活動作は、中高強度身体活動時間と有意に関連していた。したがって、日常生活動作の維持という観点から鑑みると、身体的な自立度が比較的高い高齢者では、座位行動時間の減少に注視した予防策（座っていなければどんな動きでも良い）よりも、例えばウォーキング等、日常生活動作以上の強度を有する身体活動時間を確実に増やすような対策を講ずることが、有効であると考えられる。

## 第 6 章

### 研究課題 2

#### 日常生活動作制限を反映する身体活動量

##### 【Research question】

高齢者の日常生活動作制限を最も良く反映する 1 日あたりの歩数および中高強度身体活動時間の閾値はどの程度か？

##### 【関連論文】

Osuka et al. Association between objectively measured habitual physical activity levels and mobility limitation: a cross-sectional study of community-dwelling older Japanese adults. The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine (in press).

### 第 1 節 緒言

課題 1 の結果から、身体活動の「強度」や「量」そのものは、生活機能が低次に移行するとよく関連することが示された。最も低次な機能である日常生活動作は、中高強度身体活動と最もよく関連することが示された。したがって、生活機能の保持に向けた身体活動指標は、総身体活動量だけでなく、中高強度身体活動にも着目して示すことで指標としての有益性が高まると考えられる。

高齢期における日常生活動作は、加齢に伴い低下し、ある一定の閾値に到達すると「日常生活動作制限 (functional limitation: FL)」に陥る。日常生活動作制限は、高齢者が日常生活動作（例えば、移動や階段昇段、椅子からの立ち上がりなど）に困難性を有している状態と定義され (Guralnik et al., 1993)、この状態は、転倒 (Tinetti et al., 1988) や日常生活動作障害の発生 (Guralnik et al., 1996) や、入院 (Studenski et al., 2003)、Qol 悪化 (Wilson et al., 1995; 田中ら, 2004) の予測因子となりうることが報告されている。加齢に伴う日常生活動作制限の発生は、不可避であるが、日常的に身体活動を実践することで、その発生を先送りさせることができる (Brach et al., 2004; Pahor et al., 2006; Rejeski et al., 2009; Chale Rush et al., 2010)。

Paterson and Warburton (2010) は、高齢期における機能制限と身体活動に関する様々な疫学研究を統合し、ベースライン時の身体活動量と機能制限の発生リスクとの関係を報告した。その結果、ベースライン時に、150-180 分/週の中高強度身体活動を実践している群の機能制限の発生リスクは、最も身体活動量が少ない群と比較して30%以上有意に低いことが示された。したがって、「少ない身体活動量」は、日常生活動作制限の独立した危険因子であると考えられるが、日常生活動作制限を反映する具体的な身体活動量の閾値は、十分に検討されていない (Aoyagi and Shephard, 2010)。そこで研究課題2では、(1) 日常生活動作制限と1日あたりの歩数および中高強度身体活動量との関連を明らかにし、(2) 日常生活動作制限が疑われる歩数と中高強度身体活動量の閾値を検討することとした。



## 第 2 節 方法

### (1) 対象者

対象者は、研究課題 1-2-a で示したとおりである。

### (2) 測定項目および測定方法

形態指標（身長，体重など），身体活動量（歩数，中高強度身体活動時間）を測定し，日常生活動作制限・既往歴・関節痛・服薬の有無に関するインタビュー調査をおこなった。これらは，すべて，第 3 章「測定項目と測定方法」に示した方法により測定した。

### (3) 統計解析

各項目の測定値は，平均値  $\pm$  標準偏差または該当者数（%）で示した。多変量解析で調整する変数を決定するため，FL 群と非 FL 群の形態指標，服薬の有無，疾患の有無，関節痛の有無，各活動項目の比較に，Mann-Whitney の  $U$  検定および  $\chi^2$  検定を適用した。日常生活動作制限と歩数，中高強度身体活動時間との関連性を検討するために，歩数と中高強度身体活動時間を人数から 4 分位に分類し，ロジスティック回帰分析を用いて，「日常生活制限該当」に対する各活動量の第 1 分位（Q1）を基準とした Q2，Q3，Q4 の調整済みオッズ比と 95%信頼区間を求めた。「日常生活動作制限該当」との量・反応関係は，Cochran-Armitage trend test によって評価し

た。歩数と中高強度身体活動時間における「日常生活動作制限該当」の判別力は、receiver operating characteristic (ROC) 曲線を描くことによって得られる ROC 曲線下面積 (area under the ROC curve: AUC) とその 95%信頼区間によって評価した。AUC の判断基準は、Swets (1988) の報告から判断し、正確性なし ( $AUC = 0.5$ )、ほとんど正確性を有さない ( $0.5 < AUC \leq 0.7$ )、十分な正確性を有する ( $0.7 < AUC \leq 0.9$ )、高い正確性を有する ( $0.9 < AUC < 1.0$ )、完全な正確性を有する ( $AUC = 1.0$ ) から、評価した。日常生活動作制限の有無に対する歩数と中高強度身体活動量の最適なカットオフ値は、ROC 曲線上の最も左上 (x 軸:  $1 - \text{特異度} = 0$ , y 軸:  $\text{感度} = 1$ ) に近いポイントとし、Youden index (感度 + 特異度) が最大になるポイントから算出した (Jaeschke et al., 2002)。さらに、日常生活動作制限と各身体活動量の交絡要因として、両者への影響が大きいと考えられる因子に配慮し、性 (男性, 女性), 年齢 (75 歳未満, 75 歳以上), 疾患・関節痛の有無 (無し, 少なくとも 1 つを有する) に層別化して ROC 解析をおこない、それぞれ最適なカットオフ値を算出した。

歩数および中高強度身体活動時間がカットオフ値を下回った場合かつ共変量で調整した場合における日常生活動作制限の該当可能性を検討するため、日常生活動作制限該当の有無を従属変数、カットオフ値の充足の有無と共変量を独立変数としたロジスティック回帰分析によってオッズ比と 95%CI を算出した。

すべての統計処理には統計解析ソフト IBM SPSS Statistics Version 21 を用い、統計的有意水準は 5%とした。

### 第3節 結果

#### (1) 対象者の基本的特徴

日常生活動作制限を有する者は、192人（24.0%）であった。Table 6-1に、対象者の基本的特徴を制限群と非制限群で比較した統計値を示した。年齢、性、身長、BMI、歩数、中高強度身体活動時間、装着時間、服薬・高血圧・心疾患・骨粗鬆症・腰痛・股関節痛・膝痛の有無の項目で有意な群間差が認められたため ( $P < 0.05$ )、これらの変数を多変量解析で共変量として用いた。

**Table 6-1. Characteristics of the study population.**

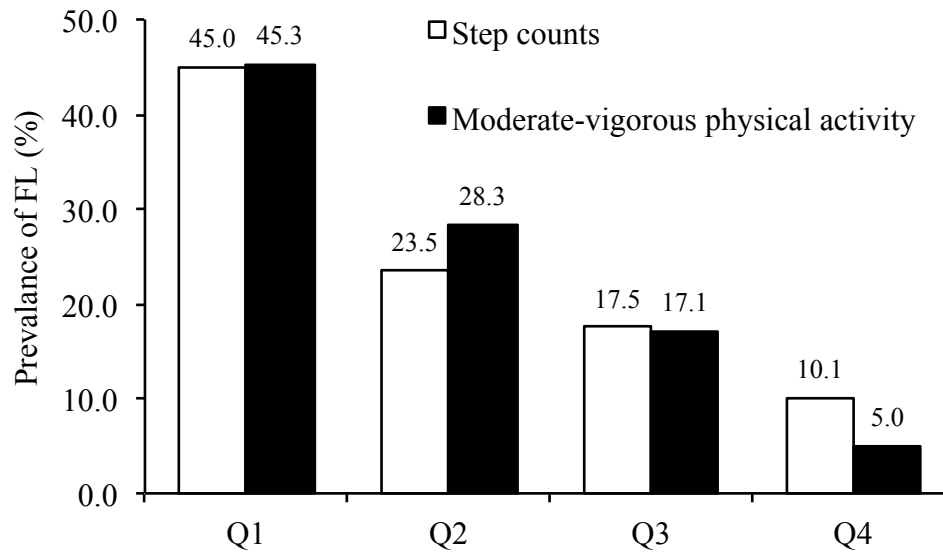
	Group-FL n = 192	Group-NFL n = 607	P value
Age, years	76.3 ± 5.7	71.3 ± 5.5	< 0.001
Sex, men/women	27/165	160/447	< 0.001
Height, cm	148.3 ± 8.1	153.5 ± 7.7	< 0.001
Weight, kg	53.6 ± 9.7	54.7 ± 9.0	0.138
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>	24.4 ± 3.9	23.1 ± 2.9	< 0.001
Medication use, n (%)	166 (86.5)	392 (64.6)	< 0.001
Medical history, n (%)			
Stroke	9 (4.7)	14 (2.3)	0.133
Hypertension	104 (54.2)	203 (33.4)	< 0.001
Diabetes	19 (9.9)	40 (6.6)	0.153
Heart disease	25 (13.0)	39 (6.4)	0.006
Respiratory disease	6 (3.1)	13 (2.1)	0.422
Osteoporosis	26 (13.5)	36 (5.9)	< 0.001
Joint pain, n (%)			
Low back pain	86 (44.8)	121 (19.9)	< 0.001
Hip pain	12 (6.3)	15 (2.5)	0.020
Knee pain	85 (44.3)	112 (18.5)	< 0.001
Physical activity			
Step counts, steps/day	5315 ± 2581	7579 ± 3113	< 0.001
MVPA, min/week	8.6 ± 8.5	20.4 ± 15.9	< 0.001
Wear time, min/day	847.0 ± 87.3	884.4 ± 92.3	< 0.001

Data are presented as n (%) or mean ± standard deviation.

MVPA: moderate-vigorous physical activity, FL: functional limitation, NML: non-functional limitation

(2) 日常生活動作制限と身体活動量との関連（単変量解析）

Figure 6-1 に、歩数と中高強度身体活動量の 4 分位に分類した際の日常生活動作制限の割合を示した。歩数と中高強度身体活動量の高値に伴い、日常生活動作制限の該当率は低値を示した。



**Figure 6-1. The prevalence of functional limitation according to quartile of physical activity.**

Step counts, steps/day

[n, range]: Q1 [n = 200, < 4738], Q2 [n = 200, 4738 - 6692], Q3 [n =, 200, 6693 - 9003], Q4 [n = 199, > 9003].

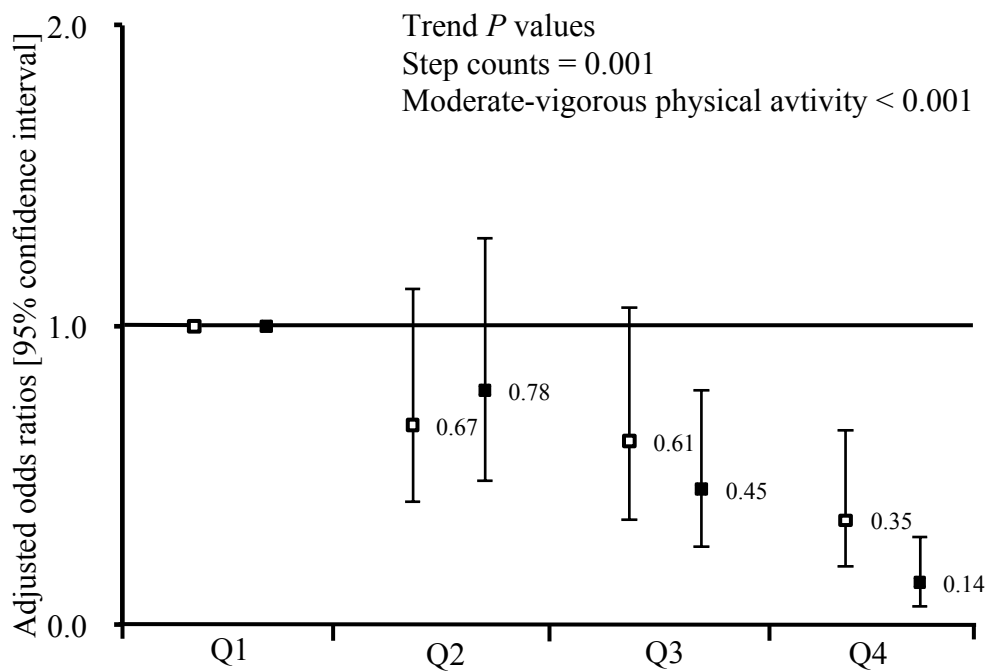
Moderate-vigorous physical activity, min/day

[n, range]: Q1 [n = 203, < 7], Q2 [n = 198, 7 - 14], Q3 [n = 199, 15 - 25], Q4 [n = 199, > 25].

FL: functional limitation.

(2) 日常生活動作制限と身体活動量との関連 (多変量解析)

Figure 6-2 に, 日常生活動作制限該当に対する各活動量 (歩数, 中高強度身体活動量) の Q1 を基準とした Q2, Q3, Q4 の調整済みオッズ比と 95%信頼区間を示した. 日常生活動作制限該当に対するオッズ比は, 歩数と中高強度身体活動時間の高値に伴い低値を示し, 日常生活動作制限該当と歩数, 中高強度身体活動時間との間には, 有意な負の量・反応関係が認められた (SC:  $P$  for trend = 0.001, MVPA:  $P$  for trend < 0.001).



**Figure 6-2. Adjusted odds ratios and 95% confidence interval for functional limitation according to the quartile of habitual physical activity.**

□ indicates adjusted odds ratios of step counts.

Range [steps/day]: Q1 [n = 200, < 4738], Q2 [n = 200, 4738 - 6692], Q3 [n =, 200, 6693 - 9003], Q4 [n = 199, > 9003].

■ indicates adjusted odds ratios of moderate-vigorous physical activity.

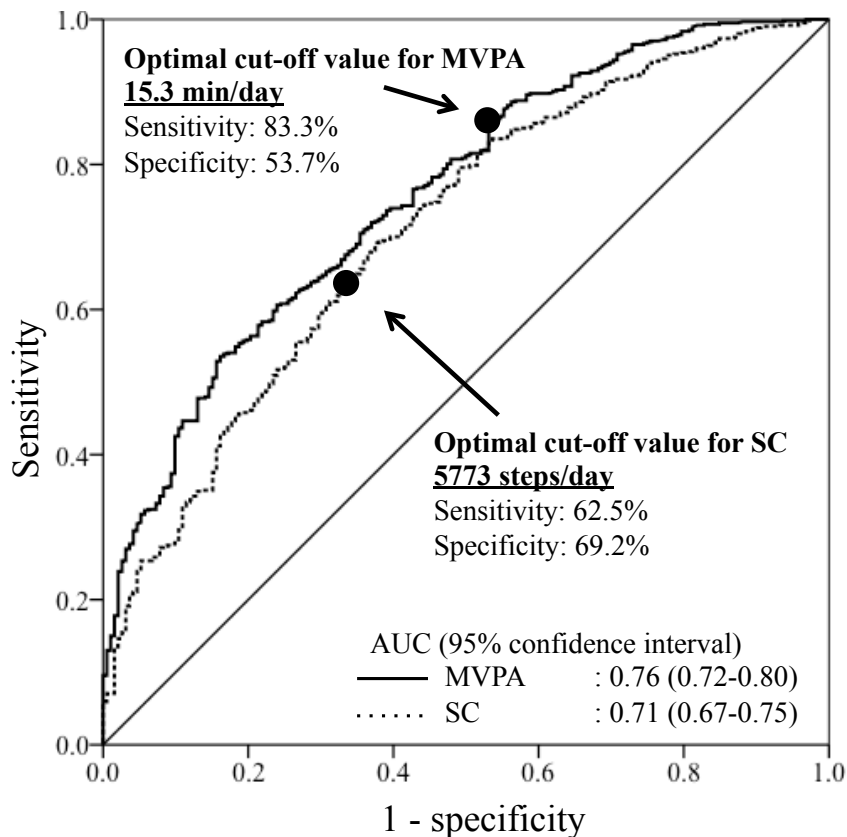
Range [min/day]: Q1 [n = 203, < 7], Q2 [n = 198, 7 - 14], Q3 [n = 199, 15 - 25], Q4 [n = 199, > 25].

FL: functional limitation.

Adjusted for age, sex, body mass index, medication use, hypertension, heart disease, osteoporosis, low back pain, hip pain, knee pain, and wear time.

(3) 日常生活動作制限を判別する身体活動量の最適なカットオフ値

Figure 6-3 に、日常生活動作制限の有無に対する歩数と中高強度身体活動時間の ROC 曲線を描き、歩数と中高強度身体活動時間の AUC およびカットオフ値を算出した。歩数と中高強度身体活動時間の AUC は、それぞれ 0.71 (0.67-0.75), 0.76 (0.72-0.80) であった。日常生活動作制限を反映する歩数および中高強度身体活動時間の最適なカットオフ値は、それぞれ 5773 歩/日 (感度: 62.5%, 特異度: 69.2%), 15.3 分/日 (感度: 83.3%, 特異度: 53.7%) であった。



**Figure 6-3. Receiver operating characteristic curves for discrimination of performance of daily living according to habitual physical activity level.**

AUC: area under the receiver operating characteristic curve, MVPA: moderate-vigorous physical activity, SC: step counts.

(3) 日常生活動作制限を判別する身体活動量の最適なカットオフ値（層別化）

Table 6-2 に、日常生活動作制限の有無に対する歩数と中高強度身体活動時間の ROC 曲線を描き、歩数と中高強度身体活動時間の AUC およびカットオフ値を、性、年齢、疾患・関節痛の有無別に算出した。日常生活動作制限を反映する歩数および中高強度身体活動時間の最適なカットオフ値は、男性で 3910 歩/日（感度: 88.1%, 特異度: 44.4%）、11.8 分/日（感度: 57.5%, 特異度: 81.5%）、女性で 5773 歩/日（感度: 70.9%, 特異度: 64.8%）、15.4 分/日（感度: 55.3%, 特異度: 84.2%）、75 歳未満で 9518 歩/日（感度: 28.6%, 特異度: 93.8%）、15.3 分/日（感度: 57.9%, 特異度: 76.5%）、75 歳以上で 5881 歩/日（感度: 56.9%, 特異度: 75.7%）、9.5 分/日（感度: 60.0%, 特異度: 75.7%）、疾患・関節痛を有さない者で 5372 歩/日（感度: 76.4%, 特異度: 52.9%）、18.2 分/日（感度: 48.6%, 特異度: 82.4%）、疾患・関節痛を 1 つ以上有する者で 5773 歩/日（感度: 67.2%, 特異度: 63.4%）、15.3 分/日（感度: 51.7%, 特異度: 85.1%）であった。

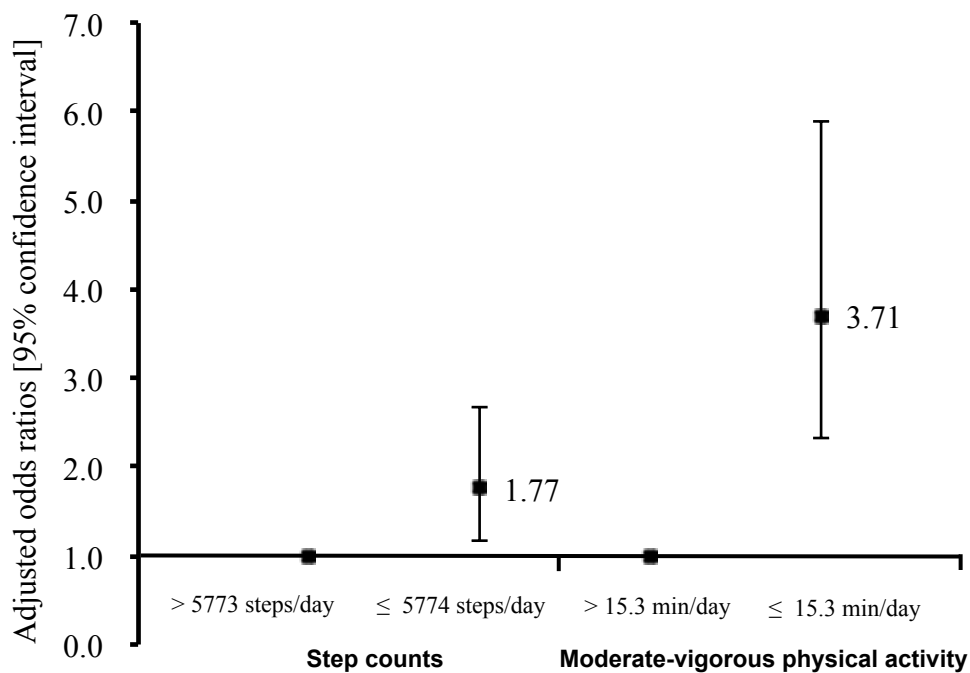
**Table 6-2. Stratified cut-off values of habitual physical activity for discriminating functional limitation.**

	n	Cut-off values	AUC	Sensitivity (%)	Specificity (%)
Steps counts, steps/day					
Men	187	3910	0.66	88.1	44.4
Women	612	5773	0.73	70.9	64.8
< 75 years old	528	9518	0.65	28.6	93.8
≥ 75 years old	271	5881	0.71	56.9	75.7
No medical histories and joint pains	237	5372	0.67	76.4	52.9
One or more medical histories and joint pains	562	5773	0.71	67.2	63.4
MVPA, min/day					
Men	187	11.8	0.74	57.5	81.5
Women	612	15.4	0.77	55.3	84.2
< 75 years old	528	15.3	0.71	57.9	76.5
≥ 75 years old	271	9.5	0.75	60.0	75.7
No medical histories and joint pains	237	18.2	0.69	48.6	82.4
One or more medical histories and joint pains	562	15.3	0.76	51.7	85.1

Note. MVPA: moderate-vigorous physical activity.

(4) カットオフ値を下回った場合における日常生活動作制限の該当可能性

Figure 6-4 に、歩数および中高強度身体活動時間がカットオフ値を下回った場合の日常生活制限該当に対するオッズ比と 95%CI を示した。全ての共変量で調整しても、カットオフ値を下回ることによって日常生活動作制限該当に対するオッズ比は有意に高値を示した。



**Figure 6-4. Adjusted odds ratios and 95% confidence interval for functional limitation at less than optimal cut-off values.**

Adjusted for age, sex, body mass index, medication use, hypertension, heart disease, osteoporosis, low back pain, hip pain, knee pain, and wear time.



## 第 4 節 考察

研究課題 2 では、(1) 日常生活動作制限と 1 日あたりの歩数および中高強度身体活動量との関連性を明らかにし、(2) 日常生活動作制限が疑われる歩数と中高強度身体活動量の閾値を検討することを目的とした。その結果、歩数や中高強度身体活動時間の高値に伴い、日常生活動作制限該当に対するオッズ比は、有意に低値を示し、日常生活制限該当を反映する歩数と中高強度身体活動量の最適なカットオフ値は、それぞれ 5773 歩/日、15.3 分/日であることが示された。

### 日常生活動作制限と日常的な歩数・中高強度身体活動時間との関連

歩数や中高強度身体活動時間の増加に伴い、日常生活動作制限の該当率は低値を示した。また、年齢や性、体格、疾患、関節痛等で調整しても、日常生活動作制限の該当に対するオッズ比は有意に低値となる傾向を示し、負の量・反応関係を認めた。Aoyagi et al. (2009) は、中之条研究に参加した高齢者 175 名の歩数と中高強度身体活動時間を 4 分位に分類し、日常的な身体活動量と日常生活動作制限との関連性を検討した。その結果、1 日あたりの歩数と中高強度身体活動時間が多いと、日常生活動作も良好であることを報告した。Scott et al. (2009) は、Tasmanian Older Adults Cohort Study に参加した 50-79 歳のオーストラリア人中高齢者 982 名の 1 日当たりの歩数と体組成（体脂肪率、下肢除脂肪量）、下肢筋力との関連を検討した。その結果、1 日当たりの歩数が多い者ほど、体脂肪率が低く、女性では、下肢筋力と

筋量に正の関連がみられたことを報告している。歩数や中高強度身体活動時間が慢性的に少ないと、日常生活動作が低下し、日常生活動作制限に陥るリスクが高くなると考えられる。

### 日常生活動作制限が疑われる身体活動量の閾値

日常生活動作制限に該当する歩数と中高強度身体活動量の最適なカットオフ値は、それぞれ 5773 歩/日、15.3 分/日であることが示された。ここでは、日常生活動作制限該当を反映するカットオフ値の外的妥当性やその捉え方について考察する。

Scott et al. (2009) は、1 日あたりの歩数を 5 群 (5000 歩未満, 5000-7499 歩, 7500-9999 歩, 10000-11499 歩, 12500 歩以上) に分類し、体脂肪率の群間差を比較した。その結果、特に 7500 歩/日以上 の群では体脂肪率の差が顕著であったことを報告している。また Park et al. (2010) は、中之条研究に参加した高齢者 175 名を対象にサルコペニアと日常的な身体活動量との関連を検討し、1 日あたりの歩数と中高強度身体活動時間がそれぞれ 5300 歩/日、15 分/日未満の者は、7800 歩/日、23 分/日の者と比較してサルコペニアであるオッズ比が、約 2 倍有意に高いことを報告している。Aoyagi et al. (2009) は、日本人高齢者 175 名の歩数と中高強度身体活動時間を 4 分位に分類し、通常歩行速度および最大歩行速度の群間差を比較した結果、第 1 分位群 (最も少ない群, 歩数: 936-4747 歩/日, 中高強度身体活動時間: 0.2-8.4

分/日)は、第3分位群(歩数: 6445-8580 歩/日, 中高強度身体活動時間: 16.4-25.0 分/日)と第4分位群(最も多い群: 歩数: 8670-13712 歩/日, 中高強度身体活動時間: 25.2-62.3 分/日)と有意な差が認められたものの、第3分位群と第4分位群に有意な差が認められなかったと報告している。これらの報告を鑑みると、体組成(筋量・体脂肪率)や日常生活動作が良好な状態であるためには、少なくとも歩数は7000-8000 歩/日以上、中高強度身体活動時間は15-20 分以上/日は必要であると考えられる。

本研究課題で算出された身体活動量のカットオフ値(歩数: 5773 歩/日, 中高強度身体活動時間: 15.3 分/日)は、3つの先行研究の身体活動水準とほぼ一致しているものの、若干低値であることがわかる。これは、先行研究が筋量や日常生活動作をアウトカムとしているのに対し、本研究では日常生活動作の困難性をアウトカムとしていることが影響していると推察される。一般的に、身体活動量の減少に伴い筋量や日常生活動作は低下するが、その低下過程が動作の困難感(高齢者の実感)として表れるまでに若干の時間差が生じると考えられる。主観的な評価によるカットオフ値(本研究課題)が客観的な評価による水準(先行研究)と比較してやや低値であることは、「客観性(実情)」から「主観性(実感)」までの時間差(過程)を考えると、ある意味妥当な結果であると考えられる。したがって、本研究課題で示された閾値は、すでに日常生活動作の低下が進み、それを実感として感じている高齢者の身体活動量を反映していると考えられるため、目標値というよりは、警戒

域として捉える方が妥当であると考えられる。

### カットオフ値の特性

歩数と中高強度身体活動時間のカットオフ値の感度はそれぞれ、63.5%と83.8%であり、特異度はそれぞれ69.2%と53.7%であった。中高強度身体活動時間の感度は歩数よりも20.8%高く、歩数の特異度は、中高強度身体活動時間よりも15.5%高い。これは、カットオフ値の臨床的な特性が歩数と中高強度身体活動時間で異なることを示している。つまり、中高強度身体活動時間は歩数よりも日常生活動作制限に対する見落としが少なく（日常生活動作制限に該当する者を日常生活動作制限該当者と判別する）、歩数は中高強度身体活動時間よりも過剰判別が少ない（日常生活動作制限に該当しない者を非日常生活動作制限該当者と判別する）ことを示している。また、カットオフ値を下回った場合の日常生活動作制限該当に対するオッズ比は、歩数が1.77倍に対して中高強度身体活動時間は3.71倍であり、中高強度身体活動時間のカットオフ値を下回ることのほうが、日常生活制限の該当可能性が高いことを示している。したがって、歩数と中高強度身体活動時間を身体活動指標（日常生活動作制限の警戒域）として活用する場合、まず第1段階として中高強度身体活動時間を確保することが肝要であり、第1段階が難しいと判断される場合あるいは達成した場合、第2段階として歩数を活用することで身体活動指標としての有用性が高まると考えられる。

性、年齢、疾患・関節痛の有無がカットオフ値に及ぼす影響

男性と女性で、それぞれカットオフ値を算出した結果、男性の歩数と中高強度身体活動時間のカットオフ値は、女性と比較してやや低値であった。男性は、女性と比較して身体機能を過小に自己評価すると報告されていることから (Merrill et al., 1997)、男性では、日常生活動作の低下が、女性と比較して著しく進行した状態で「日常生活動作制限 (日常生活動作に困難感が生じる)」として顕在化すると考えられる。つまり、男性は女性と比較して、日常生活動作制限が実際の (客観的な) 日常生活動作よりも低く (過小に) 報告しているため、それを直接的に反映する身体活動量の閾値も男性の方が女性よりも低値となったと考えられる。今後は、日常生活動作を客観的に評価し、身体活動量のカットオフ値を検討する必要もある。75歳未満と75歳以上で、層別化してカットオフ値を算出した結果、75歳未満の歩数と中高強度身体活動時間のカットオフ値は、75歳以上と比較して高値であった。特に歩数は、1日あたり3000歩以上多いことから、日常生活動作制限のカットオフ値は、年齢の影響を大きくうけることが示された。我が国の国民健康栄養調査によると、男性・女性ともに50歳台と60歳台では歩数の平均値は大きく変わらないものの (男性: 50歳台 7693歩/日, 60歳台 7307歩/日, 女性: 50歳台 7371歩/日, 60歳台 4323歩/日), 60歳台と70歳以上では顕著に異なる (男性: 70歳以上 5263歩/日, 女性: 70歳以上 4323歩/日)。つまり、高齢者の身体的な虚弱化は70歳台を契機に著しく顕在化するため、身体活動指標も年台に分けて示すことの重要性が示唆された。

ただし、75 歳未満の歩数のカットオフ値の感度（日常生活動作制限を日常生活動作制限と判別する確率）は、高いといえない（28.6%）。また、日常生活動作制限の判別力を示す AUC も 75 歳以上と比較して若干低い。課題 1-1 でも述べたように、身体活動の「量」そのものの生活機能に対する有効性は、身体的な虚弱化が進んだ状態の方がより高い可能性があるため、75 歳未満の高齢者のように比較的身体的な自立度が高い高齢者では、歩数そのものは日常生活動作制限との関連性が低いのかもしれない。疾患・関節痛を有する者と有さない者で、それぞれカットオフ値を算出した結果、カットオフ値に大きな差異は認められなかった（疾患・関節痛無し: 5372 歩/日, 18.2 分/日, 疾患・関節痛有り: 5773 歩/日, 15.3 分/日）。つまり疾患や関節痛を有している・いないに関わらず、日常生活動作を良好に維持していくためには、歩数であれば 5000 歩/日以上, 中高強度身体活動時間であれば 15 分/日以上は、少なくとも実践することが望ましいと考えられる。

#### 日常生活動作制限と身体活動量, 関節痛との関係

ロジスティック回帰分析の結果、日常生活動作制限には歩数や中高強度身体活動時間だけでなく、年齢や性、疾患、関節痛も有意に関連していた。特に腰痛や膝痛などの関節痛の有無は、日常生活動作制限に対するオッズ比も 2-4 倍（関節痛がない者を 1 とした場合、関節痛を有する者が日常生活動作制限に該当する可能性）有意に高い値を示していたため、影響力の大きい交絡要因の 1 つであると考えられる。しかし、身体活動量と関節痛の交絡関係が日常生活動作制限にどのような

影響を及ぼしているか十分に検討されていない。Heneweer et al. (2009) は、腰痛と身体活動量の関係は U 字型になると報告しており、少なすぎる身体活動量と多すぎる身体活動量は、ともに腰痛の発生率を高めると報告している。多すぎる身体活動量は、外科的な障害の発生率を高めることで腰痛が発生することが考えられるが、少なすぎる身体活動量が関節痛を誘発する機序については、不明な点が多い。

Terkelsen et al. (2008) は 30 名の成人健常者に対して前腕から手関節（手首）を 4 週間ギプス固定し、親指と人差し指の間の皮膚をつまむ際の圧力値によって痛覚閾値を評価した。その結果、ギプス固定を解除した直後だけでなく、解除後 3 日目、28 日目においても、痛覚閾値の低下が認められたことを報告した。これは、ギプスの固定化から引き起こされる不活動状態によって、痛みを感じる閾値が低下した可能性を示している。高齢者では、関節痛が直接的に日常生活動作制限の発生率を高めることは周知の事実であるが、身体活動量が慢性的に少ないことによって痛みを感じやすい状態に陥り、そのような状態が関節の拘縮化を招き、結果的に日常生活動作制限を誘発している可能性も考慮すべきである。骨折や感染症、坐骨神経痛を伴う痛み（鋭い痛み）であれば安静状態が必要であるかもしれないが、疼痛（疼くような痛み）であれば、関節痛が軽減されることもある。したがって、関節痛を有していたとしても痛みの種類によっては、可能な限り身体活動を実践し、疼痛を起因とする日常生活動作制限に陥らないように未然に防ぐことも肝要であろう。

## 第 5 節 結語

課題 2 の結果から、身体活動量が日常的に多いと、日常生活動作制限の該当率が低値であることが示された。この結果は、年齢や疾患等の共変量で調整しても同様であった。また、日常生活動作制限が疑われる歩数と中高強度身体活動時間の閾値は、それぞれ 5773 歩/日、15.3 分/日であることが示され、この値を下回ることで日常生活動作制限に該当する者のオッズ比は約 1.8–3.7 倍高くなることが示された。本研究課題で示された閾値は、日常生活動作制限の予防に向けた目標値というよりは、日常生活の中で最低限実践することが望ましい警戒域として活用することが望ましいと考えられる。



## 第 7 章

### 研究課題 3

#### 身体活動量の増加が高齢者の日常生活動作に及ぼす影響

##### 【Research question】

身体活動指標に基づく身体活動量の増加は、高齢者の日常生活動作の向上と関連するか？

##### 第 1 節 研究目的

研究課題 2 では、日常生活動作制限と身体活動量の横断的な関係から、日常生活動作制限が最も反映される身体活動量の閾値を検討し、身体活動指標を提案した。研究課題 2 で示された身体活動指標は、横断研究であるため、日常生活動作制限の予防に向けた目標値ではなく、日常生活で最低限実践したい警戒域として活用することが望ましいと考えられる。しかし、身体活動量が警戒域に属する者が、警戒域を抜けだす（閾値を超える）ことで、日常生活動作が向上するか、縦断的に検証する必要がある。

ACSM の position stand によると、身体活動が日常生活動作に及ぼす効果に関するエビデンスステートメントは C/D に分類されており、身体活動の実践により有意な改善がみられたという報告 (Bean et al., 2004; Hakkinen et al., 2000; Henwood et

al., 2005; Holviala et al., 2006; Judge et al., 1993; Schlicht et al., 2001; Sipila et al., 1996)

と有意な改善がみられなかったという報告 (Brown et al., 1991; Buchner et al., 1997; Earles et al., 2001; Greendale et al., 2000; Judge et al., 1994) が散見しており、一致した見解が得られていない。この理由の1つに、対象者の介入前の身体活動量が考慮されていないことが考えられる。高齢者のトレーナビリティを考慮すると、日常的な身体活動量が、少ない状態にあたる高齢者（身体活動指標を充たさない高齢者）を対象に、日常生活動作制限のリスク減少に効果的な身体活動量を提供することで、高齢者の日常生活動作の向上が見込まれると考えられる。

そこで、研究課題3では、日常生活動作の向上に対する身体活動指標充足の有用性を検討することを目的とした。

## 第2節 方法

### (1) 対象者

対象者は、要支援・要介護の非認定者で、2012-2013年に筑波大学で開催した運動教室に参加した65歳以上の地域在住高齢者58名とした。対象者の募集は、新聞の折込みチラシを通しておこなった。すべての対象者に、測定データ使用に関する説明を個別に口頭でおこない、研究の目的や体力測定および質問紙調査内容を説明した上で、随時、測定を拒否できることを確認し、書面にてデータ使用の同意を得た。対象者のうち、1) 運動教室を途中で辞退した者4名、2) 教室の前後で加速度計データの分析条件（後述記載）を満たさなかった者10名、3) 体力測定に欠損があった者3名、4) 課題2で示された身体活動指標を充たしていた者17名を除外し、最終的に25名を分析の対象とした。本研究は、筑波大学大学院人間総合科学研究科研究倫理委員会の承認を受けた（体23-42）。

### (2) 教室内容

すべての対象者は、3ヵ月にわたる運動実践教室に参加した。教室は週1回、1回120分であり、20分の健康講話の後、15分の準備運動、30-50分の主運動、15-20分の整理運動で構成された。主運動は、筑波大学構内でウォーキングを実践した。運動強度は、年齢で予測した最大心拍数の65-80%、もしくはBorg scaleによる自覚的運動強度の12-14あたり（ややきつい）を目安とした。主運動の時間は、

関節痛に留意し、教室初期は30分間程度とし、その後漸増的に50分間まで増加させた。また、在宅運動として、教室以外での期間中にウォーキングを週3-5回程度実践するよう求めた。教室期間中の運動実践状況は、すべて運動日誌に記録するよう求めた。

## (2) 測定項目および測定方法

形態指標（身長，体重），身体活動量（歩数，中高強度身体活動時間），日常生活動作7項目（等尺性膝伸展筋力，5回椅子立ち上がり，30秒椅子立ち上がり，timed up and go，開眼片足立ち，ステップテスト，6分間歩行）を測定し，既往歴・関節痛・服薬の有無に関するインタビュー調査をおこなった。これらは，すべて，第3章「測定項目と測定方法」に示した方法により測定した。

## (3) 統計解析

各項目の統計値は，平均値±標準偏差または割合（%）で示した。教室前後の各項目の変化は，対応のある $t$ 検定もしくはWilcoxonの符号付順位和検定を用いて検討した。教室前後の日常生活動作項目の変化量と身体活動量の変化量の関連には，Pearsonの積率相関係数またはSpearmanの順位相関係数によって相関性を検討した。すべての統計処理には統計解析ソフトIBM SPSS Statistics Version 21を用い，統計的有意水準は5%とした。

### 第3節 結果

#### (1) 対象者の基本的特徴

Table 7-1 に、対象者の基本的特徴の統計値を示した。

**Table 7-1. Characteristics of the study population (n = 25).**

Age, years	71.0 ± 4.6
Sex, men/women	8/17
Height, cm	155.6 ± 6.8
Weight, kg	56.0 ± 10.1
Body mass index, kg/m <sup>2</sup>	23.0 ± 3.2
Medication use, n (%)	14 (56.0)
Medical history, n (%)	
Stroke	0 (0.0)
Hypertension	6 (24.0)
Diabetes	4 (16.0)
Heart disease	0 (0.0)
Respiratory disease	1 (4.0)
Osteoporosis	1 (4.0)
Joint pain, n (%)	
Low back pain	4 (16.0)
Hip pain	0 (0.0)
Knee pain	2 (8.0)
Physical activity	
Step counts, steps/day	4735 ± 2108
Moderate-vigorous physical activity, min/day	8.0 ± 5.4
Wear time, min/day	883.4 ± 108.0

Data are presented as mean ± standard deviation.

(2) 運動教室前後における日常生活動作と身体活動量の変化

Table 7-2に教室前後における日常生活動作の変化量と身体活動量の統計値を示した。日常生活動作は、開眼片足立ち以外の全ての項目で有意に向上し、身体活動量も有意に増加した ( $P < 0.05$ )。

**Table 7-2. Change in performance of daily living and physical activity (n = 25).**

	Pre	Post	P value
Performance of daily living			
Knee extension strength, kg	32.7 ± 9.1	35.9 ± 10.3	0.001 <sup>†</sup>
Repeated chair stand (5 times), sec	6.8 ± 1.3	6.4 ± 1.4	0.019 <sup>†</sup>
Repeated chair stand (30 sec), times	21 ± 5	23 ± 5	0.001 <sup>‡</sup>
Single leg stance, sec	43.0 ± 20.0	43.3 ± 20.2	0.717 <sup>‡</sup>
Alternate steps, sec/8steps	4.6 ± 0.6	4.1 ± 0.5	< 0.001 <sup>†</sup>
Timed up & go, sec	6.6 ± 1.0	5.8 ± 0.9	< 0.001 <sup>†</sup>
6 min walk test, m	537.4 ± 70.0	592.7 ± 66.3	< 0.001 <sup>†</sup>
Physical activity			
Step counts, steps/day	4735 ± 2108	8017 ± 2344	< 0.001 <sup>‡</sup>
Moderate-vigorous physical activity, min	8.0 ± 5.4	27.0 ± 15.1	< 0.001 <sup>‡</sup>

Data are presented as mean ± standard deviation.

†: P value by paired t-test, ‡: P value by Wilcoxon signed-rank test.

(3) 日常生活動作の変化量と身体活動量の変化量との関連

Table 7-3 に、各日常生活動作と身体活動量（1日あたりの歩数と中高強度身体活動時間）の変化量との相関係数を示した。30秒椅子立ち上がりの変化量と中高強度身体活動時間の変化量、6分間歩行の変化量と歩数の変化量に、有意な相関関係が認められたものの（ $\rho = 0.46$ ,  $\rho = 0.55$ ,  $P < 0.05$ ）、その他の項目とは有意な相関関係は認められなかった。

**Table 7-3. Correlation between change in performance of daily living and physical activity (n = 25).**

△ Performance of daily living	△ Physical activity			
	SC	P value	MVPA	P value
Knee extension strength	0.32	0.122	0.34	0.099
Repeated chair stand (5 times)	-0.03	0.901	-0.05	0.824
Repeated chair stand (30 sec)	0.39	0.053	0.55	0.004
Single leg stance	0.08	0.694	0.07	0.731
Alternate steps	0.06	0.773	0.12	0.580
Timed up & go	-0.27	0.191	-0.30	0.152
6 min walk test	0.46	0.022	0.27	0.185

Data are presented as mean ± standard deviation.

SC: step counts, MVPA: moderate-vigorous physical activity.

## 第4節 考察

研究課題3では、身体活動指標を充たす身体活動量の増加が、日常生活動作に及ぼす影響を検討した。その結果、教室開始前の平均歩数と中高強度身体活動時間は、それぞれ約4735歩/日、8.0分/日であったのに対し、教室後は、それぞれ約8017歩/日、27.0分/日まで有意に増加した。日常生活動作は、開眼片足立ち以外の全ての項目で有意に改善した。また、介入前後における身体活動量の変化量は、30秒椅子立ち上がりおよび6分間歩行の変化量と有意な相関関係が認められた。

身体活動量が、警戒域に属する者であっても、警戒域を超えて実践することで日常生活動作は有意に改善することが示された。特に、身体活動量の増加は、30秒椅子立ち上がりや6分間歩行といった下肢筋持久力や歩行持久力の向上に貢献する可能性が示された。これは、ウォーキングを中心とした運動プログラムを提供したことが要因と考えられる。ウォーキングは、参加者の活動レベルによって異なるものの、1日あたり30-50分、週5日以上を目標に実践するよう促した。Koizumi et al. (2009)は、60-78歳の日本人高齢女性68名を対象に、ライフコーダを活用した12週間の行動変容プログラムを提供した。その結果、行動変容群は教室前と比較して歩数は約16% (7811歩/日→9046歩/日)、中高強度身体活動時間は約53% (17.8分/週→27.2分/週) 有意に増加し、歩行持久力の指標である12分間歩行は、約10% (1090m→1198m) 有意に向上した。本研究では、歩数は約69%、中高強度身体活動時間は約238%有意に増加し、歩行持久力の指標である6分間歩行は、約10%有



意に向上している。先行研究と比較して、身体活動量の増加率は高いものの、歩行持久力の向上率は、ほぼ同様であった。これは、教室開始時の身体活動量が大きく異なることが要因として考えられる。身体活動量が警戒域に属する者では、警戒域に属さない者と比較して、多くの身体活動の実践が必要である可能性が示された。

最大等尺性膝伸展筋力や5回椅子立ち上がり、ステップテスト、timed up and go は、教室後に有意に改善したものの、身体活動量の増加と有意な関連を認めなかった。これらの日常生活動作は、身体活動の実践開始に伴い向上するものの、その向上率は、身体活動量の増加率に関連しないことを示している。等尺性膝伸展筋力や5回椅子立ち上がりなどのパフォーマンス測定は、短時間（虚弱な高齢者でも20秒未満）で発揮されるパフォーマンスであり、ウォーキングの様な30-50分間継続する運動様式と若干異なる。また、歩行動作そのものに注目してみると、歩行中は、支持脚を後方への蹴り出す局面に、下肢（大腿四頭筋や下腿二頭筋）の筋力が最も発揮される。この局面では、股関節および膝関節はほぼ伸展されている。つまり、ウォーキング中に筋力が発揮される局面の多くは、股関節および膝関節は伸展されており、屈曲時から伸展時にかけての局面はほとんどみられない。5回椅子立ち上がりや膝伸展筋力、ステップテストの変化量と身体活動量の変化量に有意な関連が認められなかった結果は、筋力発揮時の関節可動閾値の違いという点から鑑みるとある意味妥当な結果であると考えられる。

静的平衡性の指標である開眼片足立ちは、教室前後で有意に改善しなかつ

た。これは本研究で提供した運動プログラム（ウォーキング）に、静的平衡性を要する運動が含まれていなかったことが大きな要因の1つとして考えられる。日常生活動作の向上には、動作の特異性に留意して運動プログラムを提供する必要がある。例えば、通常・最大歩行速度は、筋力運動によって有意に向上するという報告（Bean et al., 2004; Hakkinen et al., 2000; Henwood et al., 2005; Holviala et al., 2006; Judge et al., 1993; Schlicht et al., 2001; Sipila et al., 1996）と有意に向上しないという報告（Brown et al., 1991; Buchner et al., 1997; Earles et al., 2001; Greendale et al., 2000; Judge et al., 1994）が混在している。有意な向上がみられなかった要因は、運動強度の問題（強度が低い・高い）ではなく、動作の特異性による問題であることが指摘されている（Chodzko-Zajko et al., 2009）。したがって、ウォーキングだけでは、静的平衡性の有意な向上は見込めない可能性があるため、ウォーキングにバランス運動（太極拳やタンデムウォークなど）を含めることで、日常生活動作の総合的な向上が期待できると考えられる。

## 第5節 結語

身体活動指標を充たすことで、日常生活動作は有意に向上した。また、介入前後における身体活動量の変化量は、30秒椅子立ち上がりおよび6分間歩行の変化量と有意な相関関係が認められたことから、身体活動量の増加率に応じて下肢筋持久力や歩行持久力が向上する可能性が示された。ウォーキングだけでなく、動作の特異性に応じた多様な運動プログラムを提供することで、日常生活動作の総合的な向上が期待できると考えられる。

## 第 8 章

### 総括

#### 第 1 節 研究の限界と今後の課題

各研究課題の結論を示す課程で、以下に示す 4 つの研究の限界が示された。本博士論文によって示された研究結果の位置づけを明確にし、今後の課題を以下に示す。

##### (1) 標本抽出に伴う限界

本研究の対象者は 5 つの自治体および筑波大学で開催された測定会に参加した住民であり、一般的な地域在住高齢者よりも身体活動量や日常生活動作が比較的良好な集団であった可能性がある。そのため、本研究で得られた結果が、幅広い地域やライフスタイルの異なる集団に適用されるとは言い切れない。要支援・要介護の高齢者は対象としていないため、特に身体的な虚弱化が著しい集団に対して本研究結果を適用することにも限界があろう。今後は、無作為化抽出によって大規模に対象者を選定することが望ましい。

##### (2) 測定・評価に伴う限界

加速度計は、身体活動を客観的に定量化できる有用な計測器であるが、装着時間外の身体活動を評価することができないため、1 日の身体活動を完全に網羅できない。また、水中活動が評価されていないことに加え、測定期間内における天候や季節の影響、傾斜地での歩行活動や自転車でのペダリング活動、上肢の活動、

筋力トレーニングが考慮されていないため、1 日あたりの身体活動量を正確に測定するにも限界を有する。本研究で使用した加速度計は、歩行時以外の動作は、過小に測定するという欠点を有しているため、今後は上肢の活動や低強度の生活活動も識別可能な 3 軸加速度計を用いて、高齢者の身体活動を評価することが望ましい (Yamada et al., 2009)。

### (3) 横断研究による限界

本研究から示された身体活動指標は、横断的に検討されたため、身体活動指標を充たすことで生活機能の低下を抑制できるとは限らない。今後は縦断的な研究により、身体活動指標を検討することが望ましい。

### (4) 交絡による限界

本博士論文では、生活機能と身体活動量の関連性を検討する際、先行研究と比較して多くの交絡要因で調整して関連性を検討したものの、すべての交絡要因で調整しているわけではない。本博士論文は、体育科学およびスポーツ医学分野の視点から、身体活動量の重要性を見出すことに注力しているが、高齢者の生活機能は、日常的な身体活動量だけでなく、心理学的要因や社会的要因など様々な要因が複合的に作用することで低下する。したがって、生活機能の低下を抑制するためには、体育学的発想に留まらず、栄養学・口腔学・精神衛生学・社会学などを含めた学際的老年学の観点から、総合的な生活機能低下抑制策を練ることが望ましいと考えられる。

## 第 2 節 各課題の結論および総合討論

本研究の目的は、1) 高齢者の生活機能と身体活動の「絶対強度」や「量」そのものとの関連を明確にした上で、2) 生活機能の保持に向けた身体活動指標を作成し、3) 身体活動指標としての有効性を検討することであった。先行研究を踏まえ、研究目的の達成に必要な研究課題を以下の通り、設定した。

### 研究課題 1. 生活機能の階層性と身体活動との関連.

一軸加速度計を用いて身体活動の「絶対強度」と「量」を推量し、課題 1-1 として「高次生活機能と総身体活動量および強度別身体活動時間との関連」を、課題 1-2 として「低次生活機能と強度別身体活動時間、座位行動時間との関連」をそれぞれ検討し、身体活動指標の作成に着目すべき身体活動のパターンを明らかにすること。

### 研究課題 2. 身体活動指標の作成.

課題 1 の結果を踏まえ、(1) 機能制限と身体活動量との関連を明らかにし、(2) 機能制限が反映される具体的な身体活動量の閾値を検討すること。

### 研究課題 3. 身体活動指標の有効性に関する検討.

身体活動指標を基準とした身体活動量の増加が、日常生活動作に及ぼす影響について明らかにすること。

これら一連の検討をおこなった結果、以下に示す知見が得られた。

### 研究課題 1

身体活動の「強度」や「量」そのものは、生活機能が低次に移行すると有意な関連性を有することが示された。最も低次の概念である日常生活動作は、中高強度身体活動と最もよく関連することが示されたため、高齢期の生活機能の保持に向けた身体活動指標は、総身体活動量だけでなく、中高強度身体活動にも着目して示すことで指標としての有益性が高まると考えられる。

### 研究課題 2

多い身体活動量は、日常生活動作制限の低い該当率と関連することが示された。日常生活動作制限が疑われる歩数と中高強度身体活動時間の閾値は、それぞれ 5773 歩/日、15.3 分/日であり、この閾値を下回ることによって日常生活動作制限に該当する者のオッズ比は約 1.8-3.7 倍高くなることが示された。この閾値は、日常生活動作制限の抑制に向けた目標値というよりは、日常生活の中で最低限実践することが望ましい警戒域としての活用が期待される。

### 研究課題 3

身体活動指標を充たすことで、日常生活動作は有意に改善する可能性が示された。また、介入前後における身体活動量の変化量は、30 秒椅子立ち上がりおよび 6 分間歩行の変化量と有意な相関関係が認められたことから、身体活動量の増加率に応じて下肢筋持久力や歩行持久力が向上すると考えられる。

## 総合討論

ここでは、本博士論文で示された身体活動指標と身体活動基準 2013 で示されている指標とを比較して (table 8)、本指標の捉え方や研究結果の一般化可能性について議論する。

身体活動指標のアウトカムや研究対象者が異なるため、身体活動基準 2013 の指標と単純に比較するのは注意を要するものの、身体活動基準 2013 で提案されている指標との最も大きな相違点は、本博士論文で提案する身体活動指標は、①強度に拘ることが重要であることと、②指標 (閾値) そのものが低値であることである。

身体活動基準 2013 において、低強度身体活動時間 (3 METs 未満の活動) を含めて指標を作成した背景には、高齢者は他の成人世代と比較して、体力が低く全活動に占める中高強度身体活動時間の割合が低いことに配慮している。また、指標を一般国民に広く浸透させることも指標の設置目標に含まれているため、可能な限り国民のコンコーダンスの得られやすいメッセージとして発信している。指標の理解度や身体活動の実践の容易さから鑑みると身体活動基準 2013 で提案された身体活動指標の有用性は高いと考えられる。しかし、本研究課題 1 の結果から示されたように、生活機能の階層が低次に移行することで身体活動の「強度」そのものがよく関連していたため、生活機能の低下が懸念される高齢者ほど身体活動の強度にこだわることで指標としての有効性が高まると考えられる。一般国民に広く周知するという点においては、身体活動基準 2013 を活用することが重要であるが、高齢者



の生活機能の自立度を考えた場合、生活機能の低下が懸念される高齢者には日常生活以上の活動強度を有する身体活動時間を定期的に確保するようなメッセージを発信することも重要であると考えられる。

Table 8. 身体活動基準 2013 と本博士論文で示された身体活動指標の比較.

	身体活動基準2013	本博士論文
アウトカム	生活機能低下に関連する疾患	生活機能
対象者	欧米人	日本人
指標	強度を問わず10 METs・時/週 (1日40分)	歩数：5773歩 中高強度身体活動時間：15.3分/日

身体活動基準 2013 で示された身体活動指標の閾値（強度に拘らず 1 日 40 分の身体活動の実践）と比較して、本博士論文で示された身体活動指標の閾値（歩数: 5773 歩, 中高強度身体活動時間 15.3 分/日）は、やや低値である。これは、身体活動基準 2013 は「生活機能の低下に関連する疾患の予防」を目的としているが、本博士論文で示された身体活動指標は「生活機能の低下が疑われる者の身体活動量」を示しているためであると考えられる。したがって、前者は目標値として活用可能であるが、本研究から示された身体活動指標は、すでに日常生活動作の低下が進み、それを実感として感じている高齢者の身体活動量を反映していると考えられるため、目標値というよりは、警戒域として捉える方が妥当であると考えられる (figure 8)。

身体活動基準 2013 と比較して、身体活動指標としてのメッセージ性は強いとは言及できないものの、1) 日本人高齢者を対象とし、比較的大規模な対象者数から身体活

動指標を検討している点, 2) 高齢者の生活機能そのものに着目して指標を検討している点, 3) 客観的な計測器である加速度計を用いて, 明確な身体活動指標を提案した点で, 学術的な意義を有するものと考えられる.

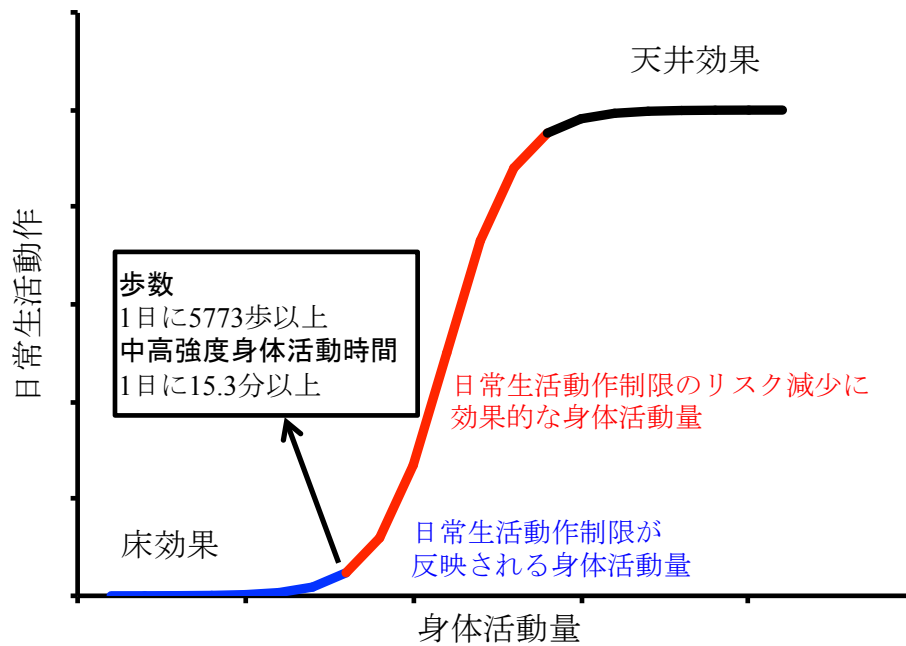


Figure 8. 本博士論文の身体活動指標の位置づけ

### 第 3 節 結語

高齢期における身体活動の「量」や「強度」そのものは、生活機能の階層が低次に移行することで有意に関連し、最も低次の概念である日常生活動作は、身体活動の「強度」や「量」に依存することが示された。日常生活動作制限を反映する 1 日あたりの歩数と中高強度身体活動時間の閾値は、それぞれ 5773 歩/日、15.3 分/日であることが示された。この閾値を確実に超えて身体活動に従事することで、日常生活動作の有意な向上が期待できることから、本研究で示された身体活動指標を目安に日常生活での身体活動を維持していくことで、長期的な生活機能の保持につながると考えられる。

## 謝辞

博士論文の執筆にあたり、終始懇切丁寧なご指導を賜りました、筑波大学体育系 教授 田中喜代次先生（博士・教育学）に心より厚く御礼申し上げます。先生との最初の出会いは、筑波大学体育専門学群一年次の講義でした。当時の講義から今日までの9年間、一貫して研究活動や健康支援の「本質を追求する姿勢（あらゆる事象について感性を積極的に働かせ、常に「何が正義（国民のため）か？」を自問する）」を先生の背中から学びとらせていただきました。本質を追求する姿勢は、生涯を通して、どのような環境においても必要とされる姿勢であり、博士号習得後の将来をも見通したご指導に甚大なる謝意を表します。また、筑波大学体育系 教授 西嶋尚彦先生、前田清司先生、准教授 向井直樹先生には、博士論文作成にあたり貴重なご指摘・ご指導を賜りましたことを深く感謝申し上げます。

本論文のデータは、茨城県・千葉県・福島県・神奈川県地域住民や自治体職員の皆様のご協力によって収集されました。研究参加者の皆様に、多くの質問紙や測定にご協力いただきましたことに、心より感謝申し上げます。また、入学以来、研究フィールドのから現場指導まで、学生生活全てにわたり、多大なるご尽力と助言を賜りました、筑波大学体育系 研究員 藪下典子先生（博士・体育科学）、東京都健康長寿医療センター研究所 研究員 金美芝先生（博士・スポーツ医学）、東京都健康長寿医療センター研究所 研究員 清野諭先生（博士・スポーツ医学）、筑波大学体育系 研究員 根本みゆき先生（博士・スポーツ医学）、ならびに同輩、後輩の皆様に心よりお礼申し上げます。このような膨大なデータを収集できたのは、ひとえに皆様のご協力によるものであると考えております。

最後に、高齢者の健康支援に関する研究の契機をくれた亡き祖父母と、博士課程という自分の好きな道に進むことを温かく見守り、多くの支援をいただいた両親に感謝いたします。本当にありがとうございました。

## 引用文献

- Ainsworth BE, Leon AS, Richardson MT, Jacobs DR, Paffenbarger RS Jr. Accuracy of the College Alumnus Physical Activity Questionnaire. *J Clin Epidemiol* 46: 1403-1411, 1993.
- Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc* 43: 1575-1581, 2011.
- Aoyagi Y, Park H, Watanabe E, Park S, Shephard RJ. Habitual physical activity and physical fitness in older Japanese adults: the Nakanojo Study. *Gerontology* 55:523-531, 2009.
- Aoyagi Y, Shephard RJ. Habitual physical activity and health in the elderly: the Nakanojo Study. *Geriatr Gerontol Int* 10 Suppl 1: S236-43, 2010.
- Arnardottir NY, Koster A, Van Domelen DR, Brychta RJ, Caserotti P, Eiriksdottir G, Sverrisdottir JE, Launer LJ, Gudnason V, Johannsson E, Harris TB, Chen KY, Sveinsson T. Objective measurements of daily physical activity patterns and sedentary behaviour in older adults: Age, Gene/Environment Susceptibility-Reykjavik Study. *Age Ageing* 42: 222-229, 2013.
- Bean JF, Herman S, Kiely DK, Frey IC, Leveille SG, Fielding RA, Frontera WR. Increased Velocity Exercise Specific to Task (InVEST) training: a pilot study exploring effects on leg power, balance, and mobility in community-dwelling older women. *J Am Geriatr Soc* 52: 799-804, 2004.
- Brach JS, Simonsick EM, Kritchevsky S, Yaffe K, Newman AB. The association between physical function and lifestyle activity and exercise in the health, aging and body composition study. *J Am Geriatr Soc* 52: 502-509, 2004.
- Brown M, Holloszy JO. Effects of a low intensity exercise program on selected physical performance characteristics of 60- to 71-year olds. *Aging (Milano)* 3: 129-139, 1991.
- Buchner DM, Cress ME, de Lateur BJ, Esselman PC, Margherita AJ, Price R, Wagner EH. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health

- services use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 52: M218-24, 1997.
- Buman MP, Hekler EB, Haskell WL, Pruitt L, Conway TL, Cain KL, Sallis JF, Saelens BE, Frank LD, King AC. Objective light-intensity physical activity associations with rated health in older adults. *Am J Epidemiol* 172: 1155-1165, 2010.
- Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep* 100: 126-131, 1985.
- Cesari M, Kritchevsky SB, Newman AB, Simonsick EM, Harris TB, Penninx BW, Brach JS, Tylavsky FA, Satterfield S, Bauer DC, Rubin SM, Visser M, Pahor M. Added value of physical performance measures in predicting adverse health-related events: results from the Health, Aging And Body Composition Study. *J Am Geriatr Soc* 57: 251-259, 2009.
- Chale Rush A, Guralnik JM, Walkup MP, Miller ME, Rejeski WJ, Katula JA, King AC, Glynn NW, Manini TM, Blair SN, Fielding RA. Relationship Between Physical Functioning and Physical Activity in the Lifestyle Interventions and Independence for Elders Pilot. *J Am Geriatr Soc* 58: 1918-24, 2010.
- Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, Skinner JS: American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 41: 1510-1530, 2009.
- Colbert LH, Matthews CE, Havighurst TC, Kim K, Schoeller DA. Comparative validity of physical activity measures in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 43: 867-876, 2011.
- Cooper R, Kuh D, Cooper C, Gale CR, Lawlor DA, Matthews F, Hardy R. Objective measures of physical capability and subsequent health: a systematic review. *Age Ageing* 40: 14-23, 2011.
- Craig CL, Marshall AL, Sjostrom M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, Pratt M, Ekelund U, Yngve A, Sallis JF, Oja P. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc* 35: 1381-1395, 2003.

- Craig CL, Cragg SE, Tudor-Locke C, Bauman A. Proximal impact of Canada on the Move: the relationship of campaign awareness to pedometer ownership and use. *Can J Public Health* 97 Suppl 1: S21-7, S22-9, 2006.
- Cress ME, Buchner DM, Prohaska T, Rimmer J, Brown M, Macera C, Dipietro L, Chodzko-Zajko W. Best practices for physical activity programs and behavior counseling in older adult populations. *J Aging Phys Act* 13: 61-74, 2005.
- Daniels R, van Rossum E, de Witte L, Kempen GI, van den Heuvel W. Interventions to prevent disability in frail community-dwelling elderly: a systematic review. *BMC Health Serv Res* 8: 278, 2008.
- Davison KK, Ford ES, Cogswell ME, Dietz WH. Percentage of body fat and body mass index are associated with mobility limitations in people aged 70 and older from NHANES III. *J Am Geriatr Soc* 50: 1802-1809, 2002.
- Dipietro L, Caspersen CJ, Ostfeld AM, Nadel ER. A survey for assessing physical activity among older adults. *Med Sci Sports Exerc* 25: 628-642, 1993.
- Earles DR, Judge JO, Gunnarsson OT. Velocity training induces power-specific adaptations in highly functioning older adults. *Arch Phys Med Rehabil* 82: 872-878, 2001.
- 海老根 直之, 島田 美恵子, 田中 宏暁, 西牟田 守, 吉武 裕, 齋藤 慎一, Petter, J.H.J. 二重標識水法を用いた簡易エネルギー消費量推定法の評価: 生活時間調査法, 心拍数法, 加速度計法について. *体力科学* 51 : 151-163, 2002.
- Fitts RH, Riley DR, Widrick JJ. Physiology of a microgravity environment invited review: microgravity and skeletal muscle. *J Appl Physiol* 89: 823-839, 2000.
- Fried LP, Carlson MC, Freedman M, Frick KD, Glass TA, Hill J, McGill S, Rebok GW, Seeman T, Tielsch J, Wasik BA, Zeger S. A social model for health promotion for an aging population: initial evidence on the Experience Corps model. *J Urban Health* 81: 64-78, 2004.
- Fujita K, Fujiwara Y, Chaves PH, Motohashi Y, Shinkai S. Frequency of going outdoors as a good predictors for incident disability of physical function as well as disability recovery in community-dwelling older adults in rural Japan. *J Epidemiol* 16: 261-270, 2006.

- 藤原 佳典, 西 真理子, 渡辺 直紀, 李 相侖, 井上 かず子, 吉田 裕人, 佐久間 尚子, 呉田 陽一, 石井 賢二, 内田 勇人, 角野 文彦, 新開 省二. 都市部高齢者による世代間交流型ヘルスプロモーションプログラム: "REPRINTS"の1年間の歩みと短期的効果. 日本公衆衛生雑誌 53: 702-714, 2006.
- 藤原 佳典, 新開 省二, 天野 秀紀, 渡辺 修一郎, 熊谷 修, 高林 幸司, 吉田 裕人, 星 旦二, 田中 政春, 森田 昌宏, 芳賀 博. 自律高齢者における老研式活動能力指標得点の変動: 生活機能の個別評価に向けた検討. 日本公衆衛生雑誌 50: 360-367, 2003.
- Fujiwara Y, Shinkai S, Kumagai S, Amano H, Yoshida Y, Yoshida H, Kim H, Suzuki T, Ishizaki T, Haga H, Watanabe S, Shibata H. Longitudinal changes in higher-level functional capacity of an older population living in a Japanese urban community. *Arch Gerontol Geriatr* 36: 141-153, 2003.
- Fujiwara Y, Shinkai S, Kumagai S, Amano H, Yoshida Y, Yoshida H, Kim H, Suzuki T, Ishizaki T, Watanabe S, Haga H, Shibata H. Changes in TMIG-index of competence by subscale in Japanese urban and rural community older populations: six years prospective study. *Geriatr Gerontol Int* 3: 63-68, 2003.
- Gando Y, Yamamoto K, Murakami H, Ohmori Y, Kawakami R, Sanada K, Higuchi M, Tabata I, Miyachi M. Longer time spent in light physical activity is associated with reduced arterial stiffness in older adults. *Hypertension* 56: 540-546, 2010.
- Gando Y, Murakami H, Kawakami R, Tanaka N, Sanada K, Tabata I, Higuchi M, Miyachi M. Light-Intensity Physical Activity is Associated with Insulin Resistance in Elderly Japanese Women Independent of Moderate-to Vigorous-Intensity Physical Activity. *J Phys Act Health*, 2013.
- Gerdhem P, Dencker M, Ringsberg K, Akesson K. Accelerometer-measured daily physical activity among octogenarians: results and associations to other indices of physical performance and bone density. *Eur J Appl Physiol* 102: 173-180, 2008.
- Granger CV, Hamilton BB, Linacre JM, Heinemann AW, Wright BD. Performance profiles of the functional independence measure. *Am J Phys Med Rehabil* 72: 84-89, 1993.



- Greendale GA, Salem GJ, Young JT, Damesyn M, Marion M, Wang MY, Reuben DB. A randomized trial of weighted vest use in ambulatory older adults: strength, performance, and quality of life outcomes. *J Am Geriatr Soc* 48: 305-311, 2000.
- Gregg EW, Cauley JA, Seeley DG, Ensrud KE, Bauer DC. Physical activity and osteoporotic fracture risk in older women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *Ann Intern Med* 129: 81-88, 1998.
- Guralnik JM, Branch LG, Cummings SR, Curb JD. Physical performance measures in aging research. *J Gerontol* 44: M141-6, 1989.
- Guralnik JM, LaCroix AZ, Abbott RD, Berkman LF, Satterfield S, Evans DA, Wallace RB. Maintaining mobility in late life. I. Demographic characteristics and chronic conditions. *Am J Epidemiol* 137: 845-857, 1993.
- Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, Scherr PA, Wallace RB. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol* 49: M85-94, 1994.
- Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME, Wallace RB. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med* 332:556-561, 1995.
- Hakkinen K, Alen M, Kallinen M, Newton RU, Kraemer WJ. Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *Eur J Appl Physiol* 83: 51-62, 2000.
- Healy GN, Dunstan DW, Salmon J, Cerin E, Shaw JE, Zimmet PZ, Owen N. Objectively measured light-intensity physical activity is independently associated with 2-h plasma glucose. *Diabetes Care* 30: 1384-1389, 2007.
- Heesch KC, Miller YD, Brown WJ. Relationship between physical activity and stiff or painful joints in mid-aged women and older women: a 3-year prospective study. *Arthritis Res Ther* 9: R34, 2007.
- Heneweer H, Vanhees L, Picavet HS. Physical activity and low back pain: a U-shaped relation? *Pain* 143: 21-25, 2009.

- Henwood TR, Taaffe DR. Improved physical performance in older adults undertaking a short-term programme of high-velocity resistance training. *Gerontology* 51: 108-115, 2005.
- Hirvensalo M, Rantanen T, Heikkinen E. Mobility difficulties and physical activity as predictors of mortality and loss of independence in the community-living older population. *J Am Geriatr Soc* 48: 493-498, 2000.
- Holviala JH, Sallinen JM, Kraemer WJ, Alen MJ, Hakkinen KK. Effects of strength training on muscle strength characteristics, functional capabilities, and balance in middle-aged and older women. *J Strength Cond Res* 20: 336-344, 2006.
- Hubscher M, Vogt L, Schmidt K, Fink M, Banzer W. Perceived pain, fear of falling and physical function in women with osteoporosis. *Gait Posture* 32: 383-385, 2010.
- 猪飼哲夫. 2. 廃用症候群の新たな知見. 第5章予防的リハビリテーション, リハビリテーション医学の新たな流れ. 里宇明元, 才藤栄一, 出江紳一 (編集主幹), 先端医療技術研究所, 東京, 2005, 135-138.
- Ishizaki T, Watanabe S, Suzuki T, Shibata H, Haga H. Predictors for functional decline among nondisabled older Japanese living in a community during a 3-year follow-up. *J Am Geriatr Soc* 48: 1424-1429, 2000.
- Jaeschke R, Guyatt G, and Lijmer J. Diagnostic tests. In: Guyatt G, and Rennie D, eds. *Users' Guides to the Medical Literature*. Chicago: AMA Press, 121: 40, 2002.
- 神宮 純江, 江上 裕子, 絹川 直子, 佐野 忍, 武井 寛子. 在宅高齢者における生活機能に関連する要因. *日本公衆衛生雑誌* 50: 92-105, 2003.
- Judge JO, Underwood M, Gennosa T. Exercise to improve gait velocity in older persons. *Arch Phys Med Rehabil* 74: 400-406, 1993.
- Judge JO, Whipple RH, Wolfson LI. Effects of resistive and balance exercises on isokinetic strength in older persons. *J Am Geriatr Soc* 42: 937-946, 1994.
- Katsumata Y, Arai A, Tomimori M, Ishida K, Lee RB, Tamashiro H. Fear of falling and falls self-efficacy and their relationship to higher-level competence among

- community-dwelling senior men and women in Japan. *Geriatr Gerontol Int* 11: 282-289, 2011.
- Katz S, Ford AB, Moskowitz RW, Jackson BA, Jaffe MW. Studies of Illness in the Aged. The Index of ADL: A Standardized Measure of Biological and Psychosocial Function. *JAMA* 185: 914-919, 1963.
- 衣笠 隆, 芳賀 脩光, 江崎 和希, 古名 丈人, 杉浦 美穂, 勝村 俊仁, 大野 秀樹. 低体力高齢者の体力, 生活機能, 健康度に及ぼす運動介入の影響: 無作為化比較試験による場合 *日本運動生理学雑誌* 12: 63-73, 2005.
- Kim J, Tanabe K, Yokoyama N, Zempo H, Kuno S. Objectively measured light-intensity lifestyle activity and sedentary time are independently associated with metabolic syndrome: a cross-sectional study of Japanese adults. *Int J Behav Nutr Phys Act* 10: 30, 2013.
- 金 禧植, 松浦 義行, 田中 喜代次, 稲垣 敦. 高齢者の日常生活における活動能力の因子構造と評価のための組テスト作成. *体育學研究* 38: 187-200, 1993.
- Kim HS, Tanaka K. The assessment of functional age using "Activities of Daily Living" performance tests: A study of Korean women. *J Aging Phys Act* 3: 39-53, 1995.
- Koizumi D, Rogers NL, Rogers ME, Islam MM, Kusunoki M, Takeshima N. Efficacy of an accelerometer-guided physical activity intervention in community-dwelling older women. *J Phys Act Health* 6: 467-474, 2009.
- 国立社会保障・人口問題研究所. 日本の将来推計人口.  
<http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/newest04/gh2401.pdf>, 2012.
- 厚生労働科学研究班. 健康寿命の算定方法の指針.  
[http://toukei.umin.jp/kenkoujyumyou/syuyou/kenkoujyumyou\\_shishin.pdf](http://toukei.umin.jp/kenkoujyumyou/syuyou/kenkoujyumyou_shishin.pdf), 2012.
- 厚生労働省. 平成19年度国民生活基礎調査.  
<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2011/zenbun/html/s1-2-3-01.html>, 2007.
- 厚生労働省. 平成23年国民健康栄養調査.  
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/eiyou/dl/h23-houkoku-05.pdf>, 2011.

厚生労働省. 簡易生命表.

<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life12/dl/life12-02.pdf>, 2012.

厚生労働省. 厚生労働白書. <http://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/06/dl/1-1a.pdf>, 2006.

厚生労働省. 主な年齢の平均余命.

<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life11/dl/life11-02.pdf>, 2011.

厚生労働省. 運動器の機能向上マニュアル (改訂版) .

<http://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1d.pdf>, 2009.

厚生労働省. 運動基準・運動指針の改定に関する検討会 報告書.

<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpqt.pdf>, 2013.

Koyano W, Shibata H, Nakazato K, Haga H, Suyama Y. Measurement of competence: reliability and validity of the TMIG Index of Competence. *Arch Gerontol Geriatr* 13: 103-116, 1991.

古谷野 亘. 地域老人における活動能力の測定-老研式活動能力指標の開発-. *日本公衆衛生雑誌* 34: 109-114, 1987.

古谷野亘. 老研式活動能力指標の交差妥当性-因子構造の不変性と予測的妥当性. *老年社会科学* 14: 34-42, 1992.

熊谷 修, 渡辺 修一郎, 柴田 博, 天野 秀紀, 藤原 佳典, 新開 省二, 吉田 英世, 鈴木 隆雄, 湯川 晴美, 安村 誠司, 芳賀 博. 地域在宅高齢者における食品摂取の多様性と高次生活機能低下の関連. *日本公衆衛生雑誌* 50: 1117-1124, 2003.

Kumahara H, Schutz Y, Ayabe M, Yoshioka M, Yoshitake Y, Shindo M, Ishii K, Tanaka H. The use of uniaxial accelerometry for the assessment of physical-activity-related energy expenditure: a validation study against whole-body indirect calorimetry. *Br J Nutr* 91: 235-243, 2004.

Lawton MP, Brody EM. Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist* 9: 179-186, 1969.

- Lawton MP. Assessing the competence of older people. *Research Planning and Action for the Elderly: the Power and Potential of Social Science*, Human Sciences Press, 1972, 122-143.
- Liu CJ, Latham NK. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database Syst Rev* CD002759, 2009.
- Lynch NA, Metter EJ, Lindle RS, Fozard JL, Tobin JD, Roy TA, Fleg JL, Hurley BF. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiol* 86: 188-194, 1999.
- 内閣府. 平成23年度高齢社会白書.  
<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2011/zenbun/html/s1-2-3-01.html>, 2011.
- 内藤義彦. DLW法による公益信託日本動脈硬化予防研究基金統合研究身体活動質問紙 (JALSPAQ) の妥当性に関する研究. *体力科学* 58: 844, 2009.
- 内藤 義彦, 原田 亜紀子, 井上 茂, 北畠 義典, 荒尾 孝. 質問紙による身体活動量評価方法の開発とその適用に関する研究(日本体力医学会プロジェクト研究). *体力科学* 56: 27-28, 2007.
- 中村隆一. 4. 廃用性症候群. 第4章リハビリテーション医療における特殊問題, 入門リハビリテーション医学. 医歯薬出版, 東京, 1996, 201-206.
- 中田 由夫. 3軸加速度計HJA-350ITを用いた身体活動量評価における設定条件と採用データ数. *体育測定評価研究* 11, 57-62, 2011.
- Mahoney FI, Barthel DW. Functional Evaluation: The Barthel Index. *Md State Med J* 14: 61-65, 1965.
- Masse LC, Fuemmeler BF, Anderson CB, Matthews CE, Trost SG, Catellier DJ, Treuth M. Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Med Sci Sports Exerc* 37: S544-54, 2005.
- McDermott MM, Greenland P, Guralnik JM, Liu K, Criqui MH, Pearce WH, Chan C, Schneider J, Sharma L, Taylor LM, Arseven A, Quann M, Celic L. Depressive symptoms and lower extremity functioning in men and women with peripheral arterial disease. *J Gen Intern Med* 18:461-467, 2003

- Merrill SS, Seeman TE, Kasl SV, Berkman LF. Gender differences in the comparison of self-reported disability and performance measures. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 52: M19-26, 1997.
- Morie M, Reid KF, Miciak R, Lajevardi N, Choong K, Krasnoff JB, Storer TW, Fielding RA, Bhasin S, Lebrasseur NK. Habitual physical activity levels are associated with performance in measures of physical function and mobility in older men. *J Am Geriatr Soc* 58: 1727-1733, 2010.
- Muller EA. Influence of training and of inactivity on muscle strength. *Arch Phys Med Rehabil* 51: 449-462, 1970.
- 村瀬 訓生, 勝村 俊仁, 上田 千穂子. 身体活動量の国際標準化-IPAQ日本語版の信頼性,妥当性の評価. *厚生指標* 49: 1-9, 2002.
- Murphy SL. Review of physical activity measurement using accelerometers in older adults: considerations for research design and conduct. *Prev Med* 48: 108-114, 2009.
- Onder G, Penninx BW, Ferrucci L, Fried LP, Guralnik JM, Pahor M. Measures of physical performance and risk for progressive and catastrophic disability: results from the Women's Health and Aging Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60: 74-79, 2005.
- 大須賀 洋祐, 笹井 浩行. 14章 身体活動量の測定と評価. *健康づくり・介護予防のための体力測定法 (第2版)*. 田中 喜代次, 木塚 朝博, 大藏 倫博 (編著), 金芳堂, 京都, 2013, 139-146.
- 大須賀 洋祐, 藪下 典子, 金 美芝, 清野 諭, 松尾 知明, 大久保 善郎, 根本 みゆき, 鄭 松伊, 大藏 倫博, 田中 喜代次. 身体的虚弱が疑われる低体力と運動量の関係: 地域在住高齢女性を対象とした横断研究. *体育学研究* 57: 9-19, 2012.
- 大須賀 洋祐, 藪下 典子, 金 美芝, 清野 諭, 鄭 松伊, 大久保 善郎, 根本 みゆき, 松尾 知明, 田中 喜代次. 高齢女性における高次生活機能の階層性と強度別身体活動量との関連 : 地域支援事業参加者を対象とした横断研究. *体力科学* 61: 327-334.
- 大須賀 洋祐, 藪下 典子, 金 美芝, 清野 諭, 鄭 松伊, 根本 みゆき, 大久保 善郎, フィゲロア ラファエル, 田中 喜代次. 高齢期における日常的な座位行動時間

は中高強度身体活動時間から独立して下肢パフォーマンスと関連するカー1軸加速度計を用いた横断的検討-. 体力科学 63: 169-176, 2014.

Pahor M, Blair SN, Espeland M, Fielding R, Gill TM, Guralnik JM, Hadley EC, King AC, Kritchevsky SB, Maraldi C, Miller ME, Newman AB, Rejeski WJ, Romashkan S, Studenski S. Effects of a physical activity intervention on measures of physical performance: Results of the lifestyle interventions and independence for Elders Pilot (LIFE-P) study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 61: 1157-1165, 2006.

Park H, Park S, Shephard RJ, Aoyagi Y. Yearlong physical activity and sarcopenia in older adults: the Nakanojo Study. *Eur J Appl Physiol* 109: 953-961, 2010.

Pate RR, O'Neill JR, Lobelo F. The evolving definition of "sedentary". *Exerc Sport Sci Rev* 36: 173-178, 2008.

Paterson DH, Warburton DE. Physical activity and functional limitations in older adults: a systematic review related to Canada's Physical Activity Guidelines. *Int J Behav Nutr Phys Act* 7: 38, 2010.

Penninx BW, Ferrucci L, Leveille SG, Rantanen T, Pahor M, Guralnik JM. Lower extremity performance in nondisabled older persons as a predictor of subsequent hospitalization. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 55: M691-7, 2000.

Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 39: 142-148, 1991.

Puthoff ML, Janz KF, Nielson D. The relationship between lower extremity strength and power to everyday walking behaviors in older adults with functional limitations. *J Geriatr Phys Ther* 31: 24-31, 2008.

Ravaglia G, Forti P, Lucicesare A, Pisacane N, Rietti E, Bianchin M, Dalmonte E. Physical activity and dementia risk in the elderly: findings from a prospective Italian study. *Neurology* 70: 1786-1794, 2008.

Reuben DB, Siu AL. An objective measure of physical function of elderly outpatients. The Physical Performance Test. *J Am Geriatr Soc* 38: 1105-1112, 1990.

- Rikli R, Busch S. Motor performance of women as a function of age and physical activity level. *J Gerontol* 41:645-649, 1986.
- Rikli RE, Jones CJ. Senior fitness test manual. Champaign, IL: Human Kinetics, 2001.
- Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cesari M, Vellas B, Pahor M, Grandjean H. Physical performance measures as predictors of mortality in a cohort of community-dwelling older French women. *Eur J Epidemiol* 21: 113-122, 2006.
- 齊藤 慎一, 海老根 直之, 島田 美恵子, 吉武 裕, 田中 宏暁. 二重標識水法によるエネルギー消費量測定の原理とその応用: 生活習慣病対策からトップスポーツ選手の栄養処方まで. *栄養学雑誌* 57: 317-332, 1999.
- Schlicht J, Camaione DN, Owen SV. Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56: M281-6, 2001.
- Schoeller DA, Ravussin E, Schutz Y, Acheson KJ, Baertschi P, Jequier E. Energy expenditure by doubly labeled water: validation in humans and proposed calculation. *Am J Physiol* 250: R823-30, 1986.
- Schoening HA, Iversen IA. Numerical scoring of self-care status: a study of the Kenny self-care evaluation. *Arch Phys Med Rehabil* 49: 221-229, 1968.
- Scott D, Blizzard L, Fell J, Jones G. Ambulatory activity, body composition, and lower-limb muscle strength in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 41: 383-389, 2009.
- Sedentary Behaviour Research Network. Letter to the editor: standardized use of the terms "sedentary" and "sedentary behaviours". *Appl Physiol Nutr Metab* 37: 540-542, 2012.
- Seguin R, Lamonte M, Tinker L, Liu J, Woods N, Michael YL, Bushnell C, Lacroix AZ. Sedentary Behavior and Physical Function Decline in Older Women: Findings from the Women's Health Initiative. *J Aging Res* 271589, 2012.
- 清野 諭, 藪下 典子, 金 美芝, 深作 貴子, 大藏 倫博, 奥野 純子, 田中 喜代次. ハイリスク高齢者における「運動器の機能向上」を目的とした介護予防教室の有効性. *厚生指標* 55: 12-20, 2008.



- 清野 諭, 藪下 典子, 金 美芝, 根本 みゆき, 松尾 知明, 深作 貴子, 奥野 純子, 大藏 倫博, 田中 喜代次. 特定高齢者の体力を把握するためのテストバッテリ. 日本公衆衛生雑誌 56: 724-736, 2009.
- 重松 良祐, 金 憲経, 張 美蘭, 上野 リンダ, 田中 喜代次. 高齢邦人女性の身体機能を評価するテストバッテリの作成: 低水準から高水準への適用を目指して. 日本公衆衛生雑誌 46: 14-24, 1999.
- 重松 良祐, 中村 容一, 中垣内 真樹, 金 憲経, 田中 喜代次. 高齢男性の日常生活に必要な身体機能を評価するテストバッテリの作成. 体育学研究 45: 225-238, 2000.
- 新開省二. 健康長寿と運動 Advanced in Aging and Health Research 2005. 愛知: 長寿科学振興財団 21-30, 2006.
- 新開 省二. 高齢者にとっての身体活動および運動の意義, 老年学の立場から. 日本公衆衛生雑誌 56: 682-687, 2009.
- 新開 省二, 藤田 幸司, 藤原 佳典, 熊谷 修, 天野 秀紀, 吉田 裕人, 寶 貴旺. 地域高齢者におけるタイプ別閉じこもりの予後: 2年間の追跡研究. 日本公衆衛生雑誌. 52: 627-638, 2005.
- Shinkai S, Watanabe S, Kumagai S, Fujiwara Y, Amano H, Yoshida H, Ishizaki T, Yukawa H, Suzuki T, Shibata H. Walking speed as a good predictor for the onset of functional dependence in a Japanese rural community population. Age Ageing 29: 441-446, 2000.
- 島貫 秀樹, 本田 春彦, 伊藤 常久, 河西 敏幸, 高戸 仁郎, 坂本 譲, 犬塚 剛, 伊藤 弓月, 荒山 直子, 植木 章三, 芳賀 博. 地域在宅高齢者の介護予防推進ボランティア活動と社会・身体的健康およびQOLとの関係. 日本公衆衛生雑誌 54: 749-759, 2007.
- Sipila S, Multanen J, Kallinen M, Era P, Suominen H. Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. Acta Physiol Scand 156: 457-464, 1996.
- Smith TL, Masaki KH, Fong K, Abbott RD, Ross GW, Petrovitch H, Blanchette PL, White LR. Effect of walking distance on 8-year incident depressive symptoms in elderly men

- with and without chronic disease: the Honolulu-Asia Aging Study. *J Am Geriatr Soc* 58: 1447-1452, 2010.
- 総務省. 人口推計. <http://www.stat.go.jp/data/jinsui/new.htm>, 2013.
- Speakman JR. The history and theory of the doubly labeled water technique. *Am J Clin Nutr* 68: 932S-938S, 1998.
- Spiriduso WW, Francis K, MacRae PG. Physical Function of Older Adults. In: *Physical Dimensions of Aging-2nd Edition*, Spiriduso WW, Francis K, MacRae PG (Eds.). Champaign: Human Kinetics 261-268, 2005.
- Stewart AL, Mills KM, King AC, Haskell WL, Gillis D, Ritter PL. CHAMPS physical activity questionnaire for older adults: outcomes for interventions. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1126-1141, 2001.
- Studenski S, Perera S, Wallace D, Chandler JM, Duncan PW, Rooney E, Fox M, Guralnik JM. Physical performance measures in the clinical setting. *J Am Geriatr Soc* 51: 314-322, 2003.
- Swets JA. Measuring the accuracy of diagnostic systems. *Science* 240: 1285-1293, 1988.
- 田中 千晶, 吉田 裕人, 天野 秀紀, 熊谷 修, 藤原 佳典, 土屋 由美子, 新開 省二. 地域高齢者における身体活動量と身体, 心理, 社会的要因との関連. *日本公衆衛生雑誌* 53: 671-680, 2006.
- 田中 喜代次, 中村 容一, 坂井 智明. ヒトの総合的QoL (quality of life) を良好に維持するための体育科学・スポーツ医学の役割. *体育学研究* 49: 209-229, 2004.
- Tanaka K, Takeda M, Hayakawa Y, Asano K, Matsuura Y, Watanabe Y, Hiyama T. Aerobic exercise lowers biological age of middle-aged and elderly patients with coronary heart disease or hypertension. (In) *Physical Activity, Aging and Sports. Volume III: Towards Healthy Aging - International Perspectives - Part 1. Physiological and Biomedical Aspects.* (ed) S. Harris, H. Suominen, P. Era, and W. Harris, Center for the Study of Aging, New York, 1994, 235-245.
- 田中 茂穂. 間接熱量測定法による1日のエネルギー消費量の評価. *体力科学* 55: 527-532, 2006.

- 田中 茂穂. 生活習慣病予防のための身体活動・運動量. 体育の科学 56: 601-607, 2006.
- Tan EJ, Xue QL, Li T, Carlson MC, Fried LP. Volunteering: a physical activity intervention for older adults--The Experience Corps program in Baltimore. *J Urban Health* 83: 954-969, 2006.
- Tan EJ, Rebok GW, Yu Q, Frangakis CE, Carlson MC, Wang T, Ricks M, Tanner EK, McGill S, Fried LP. The long-term relationship between high-intensity volunteering and physical activity in older African American women. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 64: 304-311, 2009.
- Terkelsen AJ, Bach FW, Jensen TS. Experimental forearm immobilization in humans induces cold and mechanical hyperalgesia. *Anesthesiology* 109: 297-307, 2008.
- Tinetti ME, Speechley M, Ginter SF. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 319: 1701-1707, 1988.
- Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Masse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc* 40: 181-188, 2008.
- Tudor-Locke C, Schuna JM Jr, Barreira TV, Mire EF, Broyles ST, Katzmarzyk PT, Johnson WD. Normative Steps/Day Values for Older Adults: NHANES 2005-2006. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* (in press).
- Udaka J, Ohmori S, Terui T, Ohtsuki I, Ishiwata S, Kurihara S, Fukuda N. Disuse-induced preferential loss of the giant protein titin depresses muscle performance via abnormal sarcomeric organization. *J Gen Physiol* 131: 33-41, 2008.
- Visser M, Simonsick EM, Colbert LH, Brach J, Rubin SM, Kritchevsky SB, Newman AB, Harris TB. Type and intensity of activity and risk of mobility limitation: the mediating role of muscle parameters. *J Am Geriatr Soc* 53: 762-770, 2005.
- Visser M, Goodpaster BH, Kritchevsky SB, Newman AB, Nevitt M, Rubin SM, Simonsick EM, Harris TB. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors

- of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 60: 324-333, 2005.
- Washburn RA, Smith KW, Jette AM, Janney CA. The Physical Activity Scale for the Elderly (PASE): development and evaluation. *J Clin Epidemiol* 46: 153-162, 1993.
- Wilson IB, Cleary PD. Linking clinical variables with health-related quality of life. A conceptual model of patient outcomes. *JAMA* 273: 59-65, 1995.
- Wingard DL. The sex differential in morbidity, mortality, and lifestyle. *Annu Rev Public Health* 5: 433-458, 1984.
- 藪下 典子, 吉川 和利, 坂井 智明, 中村 容一, 田中 喜代次. 高齢男性における体力年齢推定式の提案. *民族衛生* 70: 196-206, 2004.
- Yamada Y, Yokoyama K, Noriyasu R, Osaki T, Adachi T, Itoi A, Naito Y, Morimoto T, Kimura M, Oda S. Light-intensity activities are important for estimating physical activity energy expenditure using uniaxial and triaxial accelerometers. *Eur J Appl Physiol* 105: 141-152, 2009.
- Yasunaga A, Park H, Watanabe E, Togo F, Park S, Shephard RJ, Aoyagi Y. Development and evaluation of the physical activity questionnaire for elderly Japanese: the Nakanojo study. *J Aging Phys Act* 15: 398-411, 2007.
- Zalewski KR, Smith JC, Malzahn J, VanHart M, O'Connell D. Measures of physical ability are unrelated to objectively measured physical activity behavior in older adults residing in continuing care retirement communities. *Arch Phys Med Rehabil* 90: 982-986, 2009.