

## 研究ノート

### 3 軸加速度計で測定した身体活動量および生活活動量研究の動向

Trend of the Study that Measured Physical Activity and Household Activity  
in Triaxis Accelerometers

石久保 雅浩<sup>※1※2</sup> 吉田 亨<sup>※2</sup>

## 要旨

【緒言】本研究は、3 軸加速度計による身体活動量および生活活動量の測定方法について論文 review を行い、この分野における動向を整理した。

【方法】データベースは、医中誌、PubMed を使用した。検索式は和文論文では「身体活動」、「生活活動」、「3 軸加速度計」を、英文論文では“physical activities”“household activities”を“tri axial accelerometer”で AND-結合したものを用了。採択基準は 1) 運動や生活活動の領域、2) 3 軸加速度計の使用、3) 対象集団が一般健常者、4) 英語または日本語の記載とした。

【結果】採択基準に該当する論文数は 19 編であった。対象者は幼児が 2 編、大学生や大学院生が 4 編、成人が 10 編、中高年女性が 2 編、高齢者が 1 編であった。研究内容は、年齢や性別、気温や可照時間による活動量の差、平日と休日の差、座位時や立位時、通勤時の活動量などであった。活動量計は、オムロンヘルスケアが 5 編、スズケンが 5 編、GMS が 3 編、松下電工が 2 編、タニタ、ソリッドブレインズ、Monitoring, Stayhealthy がそれぞれ 1 編であった。また、16 編の論文において、今後詳細な日常生活での身体活動量の測定が必要との指摘があった。

【考察】3 軸加速度計による研究は年々増加傾向にあり、今後も増加する可能性が考えられた。一方で、各機器の測定値が一定ではなくアルゴリズムの相違による影響が懸念された。また、測定方法の困難さからか生活活動量を測定した論文は少なく、更なる質の高い研究による成果の蓄積が望まれた。

## キーワード

生活活動, 身体活動, 3 軸加速度計

(公表 2015 年 12 月 15 日)

## I. 緒言

我が国では 1980 年代から運動を、栄養、休養と並ぶ健康増進の 3 要素の一つと位置づけ、様々な対策を行ってきた。

厚生労働省（以下、厚労省）は、2000 年に健康日本 21（第 1 次）<sup>1)</sup>を、2006 年には

---

※1 上武大学看護学部

※2 群馬大学大学院保健学研究科

「健康づくりのための運動基準」(以下,旧基準)を策定<sup>2)</sup>し,身体活動の普及啓発に取り組んできた。さらに,厚労省は同年に「健康づくりのための運動基準2006」と「健康づくりのための運動指針2006」<sup>3)</sup>を策定し,それらの中で,身体活動を「運動」と「生活活動」とに分け,「運動」は体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実施するもの,「生活活動」は,運動以外で職業活動上のもも含むものとし,身体活動を増やすために運動だけではなく,新たに生活活動が注目されるようになった。

上記の国民健康づくり対策では,国民の身体活動が促進されることにより生活習慣病の予防に対する効果が強く期待されたが,これらの取り組みにもかかわらず,健康日本21(第1次)の目標は,最終的に男女ともに未達成であった。そのため,多くの人が運動不足を感じていながら,多忙な生活の中で継続的な運動習慣のない状態となっているのではないかと考えられた。

尚,厚労省は2013年3月に旧基準と指針を改定し,「健康づくりのための身体活動基準2013」<sup>4)</sup>(以下,新基準)として取りまとめた。新基準でも日常生活で労働や家事などを通じてからだを動かすことを含めた身体活動の重要性を示すために,名称を「運動基準」から「身体活動基準」としており,身体活動が運動と生活活動からなるという基本的な考え方には変わりはない。

身体活動量の評価方法は,客観的尺度として二重標識水法,心拍数法,加速度計法,主観的尺度として質問紙法などがある。これらのうち,二重標識水法を用いる方法が,身体活動量の総量を求めるうえで最も正確であると考えられている。しかしながら,二重標識水法を用いて日常生活上の身体活動量を測定するのは現実的ではない。

また,日常生活上での運動等の身体活動量を正確に評価するためには,記憶が曖昧になってしまう主観ではなく,客観的な方法を用いる必要があり,現在,最も実用性の高い方法が3軸加速度計である<sup>5)</sup>,と報告されている。そのため,現実的,客観的かつ簡便,正確な身体活動量の測定には3軸加速度計が必要であり,測定した結果をもとに,運動不足や身体活動量増加に対する効果的な介入方法を確立していくことが喫緊の課題と考えられる。

だが,日常生活での身体活動量や生活活動量を明確にした研究は見当たらない。簡便で正確に身体活動量を測定できるとされている3軸加速度計を用いた研究が少ないなかで,この3軸加速度計を用いた生活活動量とその測定方法に関する論文を検討し動向を整理する。

## II. 用語の定義

### 1. 身体活動・生活活動・運動

「身体活動」は、「生活活動」と「運動」に分けられる。

このうち、「生活活動」とは、日常生活における労働、家事、通勤・通学などの身体活動を指す。また、「運動」とは、スポーツ等の、特に体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実施し、継続性のある身体活動を指す。

### 2. 3軸加速度計

歩数計に加速度センサーを組み込むことで歩数計には反映されない活動強度をリアルタイムで計測できる機器をいい、活動量計とも呼ばれる。

## III. 方法

検索方法は、国内論文は医中誌、海外論文はPubMedを使用し、和文論文は「身体活動」、「生活活動」、「3軸加速度計」を、英文論文は、“physical activities” “household activities”に“tri-axial accelerometer”をAND-結合したものを用了。

論文の採択基準は、1) 運動や生活活動の身体活動に関する領域、2) 3軸加速度計の使用、3) 対象集団が一般健常者、4) 英語または日本語の記載であることとした。

各データベースでの検索後、はじめにタイトルと抄録から明らかに本研究の趣旨と大きく異なる論文と判断されるものを除外した。次に、該当する可能性のある論文を収集、精読し該当論文の可否を判断するとともに、必要なデータ（目的、対象者、人数、測定期間、測定方法、3軸加速度計の名称、結果の概要）を抽出した。

また、該当論文から必要なデータを抽出後、3軸加速度計による測定の目的および有効性、簡便で正確に身体活動量が測定できたかの記述の有無について比較検討した。

## IV. 結果

### 1. 採択基準該当論文

今回の調査期間は、3軸加速度計による身体活動量研究が行われ始めた1996年から2012年3月31日である。

検索式でヒットした論文数は778編であった。タイトルと抄録による一次スクリーニングにより43編に絞った。これらの全文を取り寄せ精読したところ、採択基準に該当する論文数は19編<sup>(6)・24)</sup>であった。

結果を表1に示す。表1は19編の論文を古いものから順に示した。最も古いものは1996年であり、2008年以降の論文が16編と多数を占めている。

表1 3軸加速度計で測定した身体活動量に関する研究論文の実例 (5-1)

	著者	出典	発表年月	題名	研究の目的	対象の選出基準	人数	測定期間	測定方法	活動量計の名称	結論
1	杉本淳, 米本恭三, 宮野佐年, 他	体力科学:45 巻6号 Page825	1996.12	3次元アクトメーターによる身体活動量の測定	ピエゾエレクトリックトランスデューサーを利用した3次元加速度計を用いて日中活動の量を測定し, 行動記録法と比較検討。	健康成人10名(男性8名, 女性2名, 平均年齢40.8±13.3歳) 選定基準記載なし		午前10時より午後6時の8時間	非利き手側の手首に装着, 測定時間中の行動記録を記載	Mini Motion Actigraph Ambulatory Monitoring Inc.製	アクチグラフは, 活動量の評価に有用である。
2	大平雅美, 木村貞治, 藤原孝之, 他	日本看護研究学会雑誌: Vol.26 No.3, 120	2003.6	健康高齢者における日常生活活動量の検討—簡易加速度計を用いて—	歩数と日常生活量を同時に測定し, 一日平均歩数と日常生活量の関係について検討。	有料老人ホーム在住の高齢者10名(年齢72~81歳)		2週間	起床後から就寝前まで。日中, 入浴などで外す際はその時間を短くするよう指示	Lifecorder スズケン製	平均歩数と最大歩数, 平均運動量と最大運動量には有意な相関を示した。平均歩数と平均運動量, 最大歩数と最大運動量にも有意な相関を示した。平均歩数と平均運動量, 最大歩数と最大運動量には有意な相関がなかった。
3	原 丈貴, 松村吉浩, 山本松樹, 他	体力科学:55, 385~392	2006.8	3軸加速度計を用いて評価した日常生活の活動強度と体重減少の関連性	非監視下における活動状況の測定から, 3か月間の毎日の日常活動量との対象者の体重減少の関係について検討し, 週1回の運動処方を実践的に進めるための日常生活の在り方について明らかにする。	大阪市内の中高年の女性26名(平均年齢記載なし) 体育館で運動習慣の獲得を目的とした教室を開催する旨のアナウンスで参加者を募る		運動教室開催日頻度は週1回(木曜日), 1回あたり90分, 3ヶ月間(全13回)		松下電工の活動量計(名称記載なし)60×350×13mm, 電池込みで24g	非監視下の毎日の活動状況に活動量計を用いて測定した結果, 体重減少には1日の総歩数ではなく3METs および4METs以上の活動時間が関係してくることが認められた。減量のためには歩数を増やすことだけでなく運動強度にも着目して活動量の確保と取り組みが必要があり, 3~4METs以上の運動を日常的に行う必要がある。
4	大森 桂, 古泉佳代, 鈴木智恵美, 他	日本家政学会誌:Vol.50 No.4 221~229	2008.1	3次元加速度と心拍数による日常生活時のエネルギー消費量の推定	日常生活における身体活動量を正確かつ簡便に測定する方法を開発するための基礎資料を得る。	大学生および大学院生13名 男性(20.5±0.5歳) 女性(24.9±6.7歳) 測定の特徴や方法等について了承の得られたもの		1日	測定前日には夜更かししない, 測定開始時刻の2時間前から飲食および激しい運動は行わない	アクティブトレーサー(AC-210) GMS社	階段を昇る時のエネルギー量は降りる時と比べて有意に高値であった。女性の「軽いモップ掛け」や男女の「草取り」のエネルギー消費量は先行研究と比べて本研究結果のほうがやや高かった。「雑巾がけ」のエネルギー消費量は男性では本研究の方が高く, 女性で低かった。複数の活動が連続的に行われているようなより日常生活に近い状態における身体各部位の加速度についても今後測定する必要がある。

表1 3軸加速度計で測定した身体活動量に関する研究論文の実例 (5-2)

	著者	出典	発表年月	題名	研究の目的	対象の選出基準	人数	測定期間	測定方法	活動量計の名称	結論
5	片山靖富, 笹井浩行, 沼尾成晴, 他	体力科学:57, 463~474	2008.8	運動介入期間中の日常生活における身体活動量の変化が活力年齢および体力年齢に及ぼす影響	身体活動の総量と運動教室に参加していない日の身体活動量の変化と食事内容の変化を調査し、これらの変化が体重や健康度、体力に影響を及ぼしているか否かを検討。	BMIが25以上の肥満者(29.1±2.8 kg/m <sup>2</sup> )の中年男性22名(54.1±11.4歳)茨城県T市近隣の市町村自治体の広報誌や地域情報誌を通じて、自らの意思によって集まった		運動教室開催日頻度は週3回, 1回あたり90分, 3ヶ月間(全39回)	起床から就寝まで入浴時を除き常時装着	ライフコーダスズケン製	介入期間中の日常生活における運動は対象者の自発性に任せた結果, 対象者全体ではエネルギー消費量, 運動量, 歩数および活動強度別の活動時間とその割合が有意に増加していた。
6	松村吉浩, 廣部一彦, 西野健司, 他	松下電工技報:Vol.56 No2, 67-72	2008.11	3軸加速度法による身体活動量計測	日常生活活動量を定量的に計測し, 身体活動量とメタボリックシンドローム判定各指標との関連性について統計的手法によりその有用性の検討。	M銀行関連会社の関西地区で40歳以上の男性59名(年齢53.4±6.0歳)パンフレットを配布して希望者を募る		休日を含み装着した日が7日以上となるように	起床から就寝まで装着	アクティマーカーEW4800 松下電工	腹部脂肪量は非腹部脂肪量に比べて身体活動指数, 3METs未満の身体活動時間が有意に少なく, メタボリックシンドローム対策の保健指導において日常生活での低強度の活動量の定量化が重要であることが示唆され, 身体活動量計が保健指導のツールとして有用である。
7	川口加織, 大島秀武, 田中茂穂, 他	体力科学:57(6), 892,	2009.2	活動量計で評価した23エクササイズと歩数の関係	日常生活における23Ex/週と歩数の関係について検討。	男性54名(年齢39±12歳)女性32名(年齢43±12歳)の計86名 職業の内訳: 自営業, 事務職, 技能職, 営業職, 主婦, 無職		約2週間	入浴時間を除いた朝起きてから夜寝るまでの終日腰に装着	Active style ProHJA-350IT オムロンヘルスケア社	エクササイズと歩数とは男性, 女性で有意な相関関係を示した。男性よりも女性のほうが歩行以外の生活活動がエクササイズに寄与する割合が大きく, エクササイズと歩数の関係は日常の活動内容によって個人差があった。
8	田原亮二, 中山正剛, 神野賢治	福岡大学スポーツ科学研究:39号, 123-135	2009.9	大学生の運動行動に関する現状と授業における身体活動量との関係	授業中の身体活動量を測定し関連項目との関係性について調査する。 大学体育授業における学生の意識・身体活動量の現状を把握。	F県F大学1年生153名(男性86名,女性67名)		計5回の授業において測定		Select2およびe-style スズケン製	運動経験年数と身体活動量との間に有意な相関関係が認められた。セルフエフィカシーと身体活動量との間には有意な相関関係が認められた。また, 運動行動変容ステージ別の身体活動量に有意差はなかった。授業中の身体活動量は, 日常的な運動行動の変容段階を反映していない。日常的な運動行動(一般性)と授業中の運動行動(特殊性)を測定するという測定上の対応関係に問題があるかもしれない。

表1 3軸加速度計で測定した身体活動量に関する研究論文の実例 (5-3)

	著者	出典	発表年月	題名	研究の目的	対象の選出基準	人数	測定期間	測定方法	活動量計の名称	結論
9	Tanaka C, Tanaka S	Journal of physiological anthropology : 28(6), 283-288	2009.11	Daily Physical Activity in Japanese Preschool Children Evaluated by Tri-axial Accelerometry: The Relationship between Period of Engagement in Moderate-to-Vigorous Physical Activity and Daily Step Counts	運動以外の活動量と歩数の評価	5.9±0.5 y.o. kindergarten or nursery school	157 (Girls:69 Boys:88)	continuously for 6 days (4weekday plus 2weekend)	終日(着替えや入浴以外)	ActivTracer,GMS, Tokyo(57-gram)	幼稚園児や保育園児では13,000歩/日, 中強度の身体活動を100分間以上行うことが望ましい。
10	朴 鐘薫, 高田和子, 田中茂穂, 他	体力科学, 58巻6号page876	2009.12	中高年女性におけるBMI(kg/m <sup>2</sup> , 体格指数)および体脂肪率と一日の身体活動量との関係—横断的研究	中高年女性のBMI及び体脂肪率と身体活動量の関係を横断的に調査。	100名の女性(30~69歳)		15日間(他, 測定方法記載なし)		Lifecorder EX スズケン製	日本の中高年女性における, BMI および体脂肪率の高いグループは低いグループに比べ身体活動量が少ないことが示唆された。さらに身体活動レベル(PAL)が高い女性も低い女性に比べて, 体脂肪率が低いことが示唆された。
11	三宅理江子, 田中茂穂, 大河原一憲, 他	体力科学, 58巻6号page794	2009.12	歩行と歩行以外の活動別こみだ中高強度活動の継続性	3METs以上の身体活動の継続性について, 歩行活動と家事活動のような歩行以外の活動に分けて検討	男性会社員 10名(27±4歳) 主婦 12名(43±7歳) 選定基準明記なし		約2週間	なし	Active style ProHJA-350IT オムロンヘルスケア社	歩数は会社員の方が有意に多かったが, 身体活動レベルでは, 両群間で有意な差はみられなかった。3METs以上の身体活動に要した時間に有意な差はみられなかったが, 歩行時間は会社員が有意に高く, 歩行以外の活動の時間は主婦が有意に多かった。歩行と比較して, 3METs以上の歩行以外の活動は継続にくい。今後, より長時間にわたる検討が必要。
12	中野治美, 井上 栄	産業衛生雑誌:52: 133-139	2010.3	東京圏在住サラリーマンの通勤時身体運動量	歩数や分単位の身体活動強度データを長時間記録する装置を用いて, 東京圏在住のオフィス労働者の通勤時間帯の身体活動量を測定し, 1日の全運動量中どの程度を占めるのか調査。	東京圏在住の電車通勤(男性74名, 女性54名)クルマ通勤者(男性78名)20歳以上の勤労者206名。平均年齢 電車通勤の男性41.7±12.2歳, 女性27.6±7.0歳 クルマ通勤の男性43.3±10.6歳		連続5日間(月—金曜日)	朝自宅を出る時から帰宅する時まで腰に装着。記録表に記入あり。	Active style ProHJA-350IT オムロンヘルスケア社	電車通勤群男性の朝夕の通勤時の全日Exはクルマ通勤男性群の全日Exの2.9倍であった。1日の歩数はクルマ通勤群の2.7倍であった。東京圏在住の電車通勤サラリーマンの運動量は大きく, 週日5日間では男性で平均26.5Exとなり, 電車通勤は生活習慣病予防に貢献しているように見える。

表1 3軸加速度計で測定した身体活動量に関する研究論文の実例 (5-4)

	著者	出典	発表年月	題名	研究の目的	対象の選出基準	人数	測定期間	測定方法	活動量計の名称	結論
13	廣瀬 昇, 丸山仁司	理学療法科学: 25(1): 139-142	2010.3	若年者の身体活動に影響を及ぼす生活時間因子に関する調査	日常生活内でのPAと各生活時間を計測することで、若年者における各生活時間因子がPAに影響を及ぼす要因について調査する。	健常男子学生 78名		1週間	入浴, 就寝時間を除く 24時間	FB-720 タニタ製	若年者の生活背景に至る生活時間因子を重回帰分析により、運動時間と非運動余暇時間のみに有意差を認め、PAに影響を与えうることを示した。
14	Rachel C. Colley, Andrew P Hills, Neil A King, et al.	Patient Education and Counseling 79: 327-332	2010.4	Exercise-induced energy expenditure : Implications for exercise prescription and obesity	中強度の歩行をプログラムした肥満者グループと座位の多い女性のTEEとその要素の測定と厳守しているか、そしてTEEのその他の要素である運動への誘導した際のエネルギー消費量を測定。	18歳～60歳の女性13名(平均年齢41.1±12.1歳)		4week		RT3 accelerometer (Stayhealthy Inc., Monrovia, CA)	13人中4人において1500kcal～1000kcal/週の消費が達成された。NEATは介入群とフィットネスでは175kcalの減少があり、NEATによる変化に関連があった。
15	北村菜月, 佐藤拓, 川越厚良, 他	理学療法科学: 25(5): 767-771	2010.11	若年健常者の日常生活における身体活動量の評価-IPAQ日本語版の信頼性・妥当性の3軸加速度計を用いた検討-	IPAQ日本語版の信頼性, 妥当性について検討。	秋田大学医学部保健学科理学療法専攻の学生	信頼性の検討: 健常学生 56名 妥当性の検討: 健常学生 16名	1週間	起床時から就寝までの間, 入浴など装着できない場合を除いては常にA-MESを上部位幹中央と左大腿全面中央の2箇所に着装	A-MES ソリッドブレインズ製	IPAQ日本語版は信頼性の高い質問票であること, 休日の座位, 臥位といった身体活動の評価においてIPAQ日本語版は妥当性が認められることが示された。
16	宮脇尚志, 小原和代, 園田雅子, 他	日循予防誌: 第46巻 第1号, 30-37	2011.2	3軸加速度センサーを用いて評価した中年男性の身体活動量～平日と休日と異なるパターン～	中年の勤労男性において平日と休日の歩行量や身体活動量について検討し, 個々のライフスタイルに応じた適切な保健指導に結びつける。歩行以外の低強度の身体活動や余暇, 家事, 仕事等からなる生活活動が測定できる活動量計を用いて, 一定の期間歩行以外の身体活動量を測定し, その内容や傾向について検討。	近畿地区の通信企業の社員 自主的に申し込みした男性 151名 平均年齢52.9±6.7歳		約2ヵ月間貸与し, 装着3週目からのデータを採用	起床時から入眠時までできるだけ装着	Active style ProHJA-350IT オムロンヘルスケア社	歩行活動は, 歩数, 歩行カロリー, 歩行Exで休日は平日に比べて有意に低下していた。歩行以外の身体活動量は身体活動カロリー, Exで休日は平日に比べて有意に上昇していた。

表1 3軸加速度計で測定した身体活動量に関する研究論文の実例 (5-5)

	著者	出典	発表年月	題名	研究の目的	対象の選出基準	人数	測定期間	測定方法	活動量計の名称	結論
17	田中千晶, 田中茂穂	第26回健康医科学研究助成論文集:pp58~67	2011.3	勤労者における身体活動支援環境に関する研究	身体活動の強度を評価できる3軸加速度計を用いて、勤労者の日常の身体活動強度と環境要因との関係を明らかにする。	東京都, 神奈川県, 茨城県など343名(清掃員14名, 警備員17名, サービス業25名, 保育者47名, 運転手14名, 飲食物調理従事者20名, 主婦20名, 専門職・技術職7名, 学生65名, 事務職32名, 等) 掲示や口コミなどを通じて募集		1週間	水泳や着替え, 風呂などやむをえない場合を除いて装着 装着しなかった時間と睡眠時間は記録	Active style ProHJA-350IT オムロンヘルスケア社	年齢を除くいずれの変数も男性が女性に比較して有意に高かった。生活活動に用意したMVPAとExおよびPALは、女性が男性に比較して有意に高く、女性においては歩・走行に要したMVPAより生活活動に要したMVPAのほうが大きな平均値が得られた。MVPAとExの総時間と総量は、性差がみられなかった。自宅については居住形態と有意な関係がみられた。自宅周辺の状況との間に有意な関係がみられた。さらに天候によって生活活動時のExに有意な差があった。季節によってMVPAに有意な差があった。本研究により、今まで未知であった歩・走行以外の身体活動量を評価したうえで、勤労者の身体活動の決定要因を明らかにすることが可能であり、勤労者における身体活動の推進策を講じるうえで有益な資料となる。
18	田中千晶, 田中茂穂, 安藤貴史	発育発達研究:第51号, 37-45	2011.8	日本人幼児における日常の身体活動量と生活環境の関係	諸外国と生活環境が異なる日本人幼児について日常のPAを評価し、自宅および自宅周辺との関係を検討。	保護者が同意した東京都内, 茨城県内および神奈川県内の幼稚園児, 保育園児(年中または年長クラス)361名		1週間	水泳や着替え, 風呂などやむをえない場合を除く	アクティブトレーサー(AC-20) GMS社 60g	(PARとMVPAにて表示)幼児の日常のPAに関連する環境要因はPARによって有意に差がある。特に幼児において歩・走行以外の活動内容に着目することは意義深い。
19	小林直人, 田中朋子, 金木 潤, 他	富山県衛生研究所年報: No.34, Page190-193	2011.12	季節変化が中高年女性の身体活動に与える影響	季節の変化によって身体活動量がどのように変化するか解析を試みた。	市が開催している健康体操教室に参加している中高年の女性19名		240日	明記なし	Lifecorder PLUS スズケン製	月ごとの身体活動量は、暑い夏や寒い冬では中強度以上運動時間(運動加時間)が減り、過ごしやすいう10月にピークがあった。中高年女性が運動しやすい日の平均気温は17℃付近であると推定された。身体活動量のうち、生活活動量(低強度運動時間)は、日照時間の長い8月に最大になり、運動量(中強度以上運動時間)は過ごしやすいう10月に最大となった。気温は身体活動に影響を与え、運動は気温が17℃のときが最大であり、生活活動量は気温または日照時間と比例する。



19 編の該当論文から抽出されたデータから以下の点についてまとめた。

## 2. 採択基準該当論文の研究の目的

3 軸加速度計で測定した論文は、1996 年からみられはじめた。そのうち、研究の目的として歩数と身体活動量の関係を調査したものが3 編であった。具体的には、大平ら(2003)の「健常高齢者における日常生活活動量の検討—簡易加速度計を用いて—」で、歩数と日常生活量を同時に測定し、1 日平均歩数と日常生活量の関係について検討<sup>6)</sup>され、川口ら(2009)は、「活動量計で評価した 23 エクササイズと歩数の関係」で、日常生活における 23Ex/週と歩数の関係について検討<sup>7)</sup>している。また、Tanaka C et al (2009), “Daily Physical Activity in Japanese Preschool Children Evaluated by Tri-axial Accelerometry : The Relationships between Period of Engagement in Moderate-to-Vigorous Physical Activity and Daily Step Counts” で、運動以外の活動量と歩数を評価<sup>8)</sup>している。

一方、身体活動量との関係性を研究目的としたものは 13 編であった。具体的には、杉本ら(1996)の「3 次元アクトメーターによる身体活動量の測定」で、ピエゾエレクトリックトランスデューサーを利用した 3 次元加速度計を用いて日中活動の量を測定し、行動記録法と比較検討<sup>9)</sup>しており、原ら(2006)は、「3 軸加速度計を用いて評価した日常生活の活動強度と体重減少の関連性」で、毎日の日常活動量と体重減少の関係について検討<sup>10)</sup>している。また、大森ら(2008)は、「3 次元加速度と心拍数による日常生活時のエネルギー消費量の推定」で、日常生活における身体活動量を生活かつ簡便に測定する方法を開発するための基礎資料作成を目的<sup>11)</sup>として調査した。さらに、片山ら(2008)は、「運動介入期間中の日常生活における身体活動量の変化が活力年齢および体力年齢に及ぼす影響」で、身体活動の総量と運動教室に参加していない日の身体活動量の変化を検討<sup>12)</sup>している。他にも、松村ら(2008)が、「3 軸加速度法による身体活動量計測」で、身体活動量とメタボリックシンドローム判定指標との関連性について検討<sup>13)</sup>しており、田原ら(2009)は、「大学生の運動行動に関する現状と授業における身体活動量との関係」で、授業中の大学生の身体活動量を測定し関連項目との関係性について調査<sup>14)</sup>している。また、朴ら(2009)は、「中高年女性における BMI(kg/m<sup>2</sup>, 体格指数)および体脂肪率と一日の身体活動量との関係—横断的研究」で中高年女性の BMI 及び体脂肪率と身体活動量の関係を調査<sup>15)</sup>しており、三宅ら(2009)も「歩行と歩行以外の活動別にみた中高強度活動の継続性」で 3METs 以上の身体活動量の継続性について、歩行活動と家事活動のような歩行以外の活動に分けて検討している<sup>16)</sup>。さらに、中野ら(2010)は、「東京圏在住サラリーマンの通勤時身体運動量」で、通勤時間帯の身体活動量を測定<sup>17)</sup>し、廣瀬ら(2010)は、「若年者の身体活動に影響を及ぼす生活時間因子に関する調査」で、各生活時間因子が Physical Activity (以下, PA) に影響を及ぼす成

因について調査<sup>18)</sup>している。宮脇ら(2011)は、「3軸加速度センサーを用いて評価した中年男性の身体活動量～平日と休日異なるパターン～」で、一定期間の歩行以外の身体活動量を測定し、その内容や傾向について検討<sup>19)</sup>し、田中ら(2011a)は、「勤労者における身体活動支援環境に関する研究」で、勤労者の日常の身体活動強度と環境要因との関係を調査<sup>20)</sup>している。加えて、小林ら(2011)は、「季節変化が中高年女性の身体活動に与える影響」で、季節変化によって身体活動量がどのように変化するか解析<sup>21)</sup>を試みている。

歩数や身体活動量以外を目的として検討した研究は、3編であった。

具体的には、Rachel C, et al (2010), “Exercise-induced energy expenditure: Implications for exercise prescription and obesity” で、TEE (total energy expenditure) のその他の要素である運動に誘導した際のエネルギー消費量を測定<sup>22)</sup>し、北村ら(2010)は、「若年健常者の日常生活における身体活動量の評価—IPAQ日本語版の信頼性・妥当性の3軸加速度計を用いた検討—」で、IPAQ日本語版の信頼性、妥当性を3軸加速度計と併用し検討<sup>23)</sup>している。また、田中ら(2011b)は、「日本人幼児における日常の身体活動量と生活環境の関係」で、日常のPAを評価し、自宅および自宅周辺との関係を検討<sup>24)</sup>している。

また、19編のうち、実際に生活活動量を測定していたのは9編であり、運動量を測定していたのは10編であった。加えて、19編のうち、16編においては今後詳細な日常生活での身体活動量の測定が必要であるとの指摘があった。

### 3. 採択基準該当論文の対象者、3軸加速度計の機種・装着場所・測定方法

各研究の対象者は、幼児が2編<sup>8),24)</sup>、大学生や大学院生が4編<sup>11),14),18),23)</sup>、成人が10編<sup>7),9),12)-13),15)-17),19)-20),22)</sup>、中高年女性が2編<sup>10),21)</sup>、高齢者が1編<sup>6)</sup>であった。

研究に使用された3軸加速度計は、オムロンヘルスケアが5編<sup>7),16)-17),19)-20)</sup>、スズケン製が5編<sup>6),12),14)-15),21)</sup>、GMS製が3編<sup>8),11),24)</sup>、松下電工製が2編<sup>10),13)</sup>、Monitoring製<sup>9)</sup>、タニタ製<sup>18)</sup>、Stayhealthy製<sup>22)</sup>、ソリッドブレインズ製<sup>23)</sup>がそれぞれ1編であった。

3軸加速度計の装着箇所では、手首がActigraph (Monitoring Inc製)の1編、腰がActive Style Pro HJA 350-IT (オムロンヘルスケア製)の2編、上部体幹中央と左大腿前面中の2箇所がA-MES (ソリッドブレインズ製)の1編であり、その他は詳細な記載はなかった。

測定方法は、起床から就寝までの間で入浴など装着できない場合を除く、もしくは、できるだけ装着、着替えや入浴以外の終日等の、起床から就寝までの時間を測定するものが9編、その他、朝自宅を出る時から帰宅する時まで、水泳や着替えや風呂などやむをえない場合以外が、それぞれ1編、詳細な記述無しが8編であった。

各研究の測定期間は、研究目的により様々で8時間から240日に及んでいたが、平日5

日間や土日を含む1週間が多くみられた。

#### 4. 3軸加速度計による測定の有効性の記述

3軸加速度計の有効性が記述されている研究は、3編であった。

具体的には、杉本ら(1996)<sup>9)</sup>は、「3次元アクトメーターによる身体活動量の測定」の中で、「アクチグラフは、活動量の評価に有用である。」と述べている。また、松村ら(2008)<sup>13)</sup>は、「3軸加速度法による身体活動量計測」の中で、「メタボリックシンドローム対策の保健指導において日常生活での低強度の活動量の定量化が重要であることが示唆され、身体活動量計が保健指導のツールとして有用である。」と述べている。さらに、田中ら(2011a)<sup>20)</sup>は、「勤労者における身体活動支援環境に関する研究」の中で、「本研究により、今まで未知であった歩・走行以外の身体活動量の決定要因を明らかにすることが可能であり、勤労者における身体活動の推進策を講じるうえで有益な資料となる。」と、それぞれ、3軸加速度計は活動量の評価に有用であった、保健指導のツールとして有用である、身体活動の推進策を講じるうえで有益であるとの記述がみられた。

#### V. 考察

3軸加速度計による身体活動量の測定研究は約20年前から行われ始めたと考えられ、該当論文の研究内容は、年齢や性別による身体活動量の差、気温や日照時間による身体活動量の変化、平日と休日における身体活動量の差などであった。

3軸加速度計は、現在、少なくとも8社から販売され、各社の3軸加速度計のアルゴリズムも様々でマスク時間等、不明な点多々あることが明らかになった。3軸加速度計に内蔵されているアルゴリズムの代表的な型としては、静電容量型、 piezo抵抗型、圧電型が知られており、これらの機器で測定された数値は、独自の推定式やカットオフ値を設定し最終的な活動量としている。また、加速度計のフィルタリングやepoch長、epochへのまとめ方(積算和、中央値、最頻値など)、加速度値から独自の指標への変換により機種間に違いをもたらしている<sup>25)</sup>。そのため、3軸加速度計の使用にあたっては結果に誤差が生じる点に留意が必要であると思われた。

一方で、3軸加速度計の信頼性、妥当性を検討した論文<sup>26)</sup>もみられ、その機器の有用性や特徴を論じる研究もみられた。特に、2008年以降は、3METs未満の生活活動を主とした低強度活動にも対応可能な機種で調査する研究が増えてきている。

具体的には、Active Style Pro HJA-350ITは、3METs未満と3METs以上の活動を判別するアルゴリズムが内蔵されている。そのため、家事や散歩など、生活活動といわれる低強度の運動以外の活動を測定することに適していると考えられ、Active Style Pro HJA

-350IT を使用し、生活活動量に関する研究を行った事例は、2008 年以降、少なくとも 5 編<sup>7),16)-17),19)-20)</sup>みられた。

特に、田中ら(2011a)は、Active Style Pro HJA-350IT の装着により、「今まで未知であった歩・走行以外の身体活動量を評価したうえで、勤労者の身体活動の決定要因を明らかにすることが可能であり、勤労者における身体活動の推進策を講じるうえで有益な資料となる」<sup>20)</sup>としている。そのため、今後の身体活動量増加への推進策に対しても有効活用ができるのではないかと考えられる。

加えて、松村ら(2008)は、「アクチマーカーEW4800 も、保健指導のツールとして有用である」としていること、さらに、杉本ら(1996)が、「アクチグラフは身体活動量の評価に有用である」としていることから、今後、健康増進対策として、客観的かつ簡便、正確に身体活動量を測定できる 3 軸加速度計を活用することが効果的であると考えられる。

特に、家事など生活活動レベルの低強度の活動も測定できる機種が活用できれば、低強度から高強度までの幅広いより正確な身体活動量が測定でき、加えて、個人レベルからポピュレーションレベルまで網羅した研究が期待できる。

また、3 軸加速度計は、装着箇所が主に手首や腰部であり、負担のない装着や測定が可能である。さらに、幼児から中高年者まで様々な年代での使用が可能であるということは、3 軸加速度計の取り扱いが簡単であり、容易に計測できるということではないかと考える。

以上から、3 軸加速度計での測定は簡便かつ正確に有効活用ができるといえるのではないだろうか。さらに、生活活動量の測定が可能な機種ならば、様々な年代の、立位や座位、掃除や洗濯などの日常的な生活活動の測定も可能であり、入浴や水泳などを除けば、装着箇所の工夫により、運動から日常生活活動のほぼすべての身体活動が測定できると考えられる。

近年では、非運動性身体活動(=生活活動)によるエネルギー消費(Nonexercise activity thermogenesis<sup>27)</sup>: NEAT)という概念が出てきており、生活活動によるエネルギー消費も無視できないと考えられるようになってきている。そのため、今後、身体活動量、とりわけ低強度な生活活動量を測定するうえで、客観的かつ簡便に測定できる 3 軸加速度計の活用が注目されると考える。また、厚労省が策定した「健康日本 21」に掲げた、身体活動量の増加に対しても少なからず影響を与えるのではないかと期待がもてる。

また、家庭生活内では、3METs 以上の活動強度のある活動は限られてしまうことが多く、活動時間も短いことから今後の測定方法の困難さが考えられたが、3METs 未満の生活活動が測定できる機種であれば低強度の活動も測定できることが明らかになった。

一方で、静電容量型、 piezo 抵抗型、圧電型のいずれも上下、左右、斜めの振動で推計

されているため、自転車乗車中の測定ができないことが想定された。また、入浴や水泳等の水中での活動時は取り外しが指示されており、水中での活動量は測定できない。さらには、サッカーやバレーボール等、手や足を使用する高強度の運動では、3軸加速度計を取り外さなければならないと考えられ、今後は、肩や後頸部など装着部位の工夫、ウェアラブル等を考慮した3軸加速度計の更なる小型化、軽量化への改良が期待されるのではないだろうか。

加えて、3軸加速度計本体の問題として、3軸加速度計内のアルゴリズムやマスク時間の統一がなされていないことも含め、3軸加速度計の測定値への誤差に対する影響が懸念された。

しかしながら、3軸加速度計の取り外しや、3軸加速度計内のアルゴリズムやマスク時間による誤差を配慮すれば、それぞれの目的に対し簡便かつ正確に測定できるツールであると考えられた。

また、初期時のアクチグラフに比べ、近年活用され始めている Active Style Pro HJA-350IT では、走・歩行以外の身近な生活活動が測定できるなど、測定精度の向上や装着のさらなる簡便化、機器自体の小型化など、3軸加速度計の改良がなされている。そのため、今後、一般的にも広く活用されるなど、より一層の活用範囲の拡大が期待できる。

さらに、3軸加速度計を積極的に利用することで基礎調査的な身体活動量の測定から医療、保健学的な調査に活かしていけると考えられた。また、厚労省が掲げている健康日本21の中の「身体活動量の増加」に対しても、影響があることが示唆された。

以上から、3軸加速度計は、現在のところ、それぞれの機種の特徴に合わせて、また、研究する内容や測定する目的にそって使い分け、保健・医療対策における指導用ツールや健康増進対策に有効活用できる可能性が高いと考える。

研究の限界として、3軸加速度計では入浴や着替え、水泳などは計測できないこと、数日から数週間におよぶ調査期間中に被験者が3軸加速度計の装着を忘れてしまうことも考えられた。

また、自転車乗車中の測定や高強度の運動時の3軸加速度計の取り外しの問題、水中における活動時の測定にも問題があることが考えられた。

また、今後、内蔵されているアルゴリズムや生活活動量の測定方法の統一も含め、更なる質の高い研究による成果の蓄積が望まれる。

## 【文献】

- 1) 厚生労働省(2000) : 健康日本 21  
<http://www.kenkounippon21.gr.jp/>,
- 2) 厚生労働省(2006) : 健康づくりのための運動基準 2006 ~身体活動・運動・体力~報告書.  
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou02/pdf/data.pdf>
- 3) 厚生労働省(2006) : 健康づくりのための運動指針 2006 ~生活習慣病予防のために~.  
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou01/pdf>
- 4) 厚生労働省(2013) : 健康づくりのための身体活動基準 2013  
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple.html>
- 5) 熊谷秋三, 田中茂穂, 岸本裕歩, 他(2015) : 三軸加速度センサー内臓活動量計を用いた身体活動量, 座位行動の調査と身体活動疫学研究への応用, RESEACH EXERCISE EPIDEMIOLOGY ー運動疫学研究, 17-2, 91.
- 6) 大平雅美, 木村貞治, 藤原孝之, 他(2003) : 健常高齢者における日常生活活動量の検討ー簡易加速度計を用いてー, 日本看護研究学会雑誌, 26, 120.
- 7) 川口加織, 大島秀武, 田中茂穂, 他(2009) : 活動量計で評価した 23 エクササイズと歩数の関係, 体力科学, 57, 892.
- 8) Tanaka C, Tanaka S (2009) : Daily Physical Activity in Japanese Preschool Children Evaluated by Tri-axial Accelerometry: The Relationship between Period of Engagement in Moderate-to-Vigorous Physical Activity and Daily Step Counts. Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY ; 28: 283-288.
- 9) 杉本淳, 米本恭三, 宮野佐年, 他(1996). 3次元アクトメーターによる身体活動量の測定, 体力科学, 45, 825.
- 10) 原丈貴, 松村吉浩, 山本松樹, 他(2006) : 3軸加速度計を用いて評価した日常生活の活動強度と体重減少の関連性, 体力科学, 55, 385-392.
- 11) 大森桂, 古泉佳代, 鈴木智恵美, 他(2008) : 3次元加速度計と心拍数による日常生活時のエネルギー消費量の推定, 日本家政学会誌, 4, 221-229.
- 12) 片山靖富, 笹井浩行, 沼尾成晴, 他(2008) : 運動介入期間中の日常生活における身体活動量の変化が活力年齢および体力年齢に及ぼす影響. 体力科学, 57, 463-474.
- 13) 松村吉浩, 廣部一彦, 西野健司, 他(2008) : 3軸加速度法による身体活動量計測, 松下電工技報, 56(2), 67-72.
- 14) 田原亮二, 中山正剛, 神野賢治, 他(2009) : 大学生の運動行動に関する現状と授業における身体活動量との関係, 福岡大学スポーツ科学研究, 39, 123-135.
- 15) 朴鐘薫, 高田和子, 田中茂穂, 他(2009) : 中高年女性における BMI(kg/m<sup>2</sup>, 体格指数)および体脂肪率と一日の身体活動量との関係ー横断的研究, 体力科学, 58, 876.
- 16) 三宅理江子, 田中茂穂, 大河原一憲, 他(2009) : 歩行と歩行以外の活動別にみた中高強度活動の継続性, 体力科学, 58, 794.
- 17) 中野治美, 井上栄(2010) : 東京圏サラリーマンの通勤時身体運動量, 産業衛生雑誌, 52, 133-139.
- 18) 廣瀬昇, 丸山仁司(2010) : 若年者の身体活動に影響を及ぼす生活時間因子に関する調査, 理学療法科学, 25, 139-142.

- 19) 宮脇尚志, 小原和代, 園田雅子, 他(2011): 3軸加速度センサーを用いて評価した中年男性の身体活動量～平日と休日異なるパターン～, 日循予防誌, 46(1), 30-37
- 20) 田中千晶, 田中茂穂(2011a): 勤労者における身体活動支援環境に関する研究, 第26回健康医科学研究助成論文集, 58-67.
- 21) 小林直人, 田中朋子, 金木潤, 他(2011): 季節変化が中高年女性の身体活動に与える影響, 富山県衛生研究所年報, 34, 190-193.
- 22) Rachel CC, Hills AP, King AN, et al (2010): Exercise-induced energy expenditure : Implications for exercise prescription and obesity. Patient Education and Counseling. 2010; 79: 327-332.
- 23) 北村葉月, 佐藤拓, 川越厚良, 他(2010): 若年健常者の日常生活における身体活動量の評価－IPAQ日本語版の信頼性・妥当性の3軸加速度計を用いた検討－, 理学療法科学, 25, 767-771.
- 24) 田中千晶, 田中茂穂, 安藤貴史(2011b): 日本人幼児における日常の身体活動量と生活環境の関係, 発育発達研究, 51, 37-45.
- 25) 笹井浩行, 引原有輝, 岡崎勘造, 他(2015): 加速度計による活動量評価と身体活動増進介入への活用, RESEARCH EXERCISE EPIDEMIOLOGY ー運動疫学研究, 17-1, 7.
- 26) Ohkawara K, Oshima Y, Hikiyama Y, et al (2011): Real-time estimation of daily physical activity intensity by a tri-axial accelerometer and a gravity-removal classification algorithm. British Journal of Nutrition.; 105: 1681-1691
- 27) Levine JA, Eberhardt NL, Jansen MD (1999): Role of nonexercise activity thermogenesis in resistance to fat gain in humans. Science ; 283: 212-214.