

大学生の日常生活における歩数と移動様態との関連

田中茂穂^{*1,2} 田中千晶^{*3}

Relationship between total step counts and ambulation indices under free living conditions for university students

Shigeho TANAKA^{*1,2}, Chiaki TANAKA^{*3}

Abstract

Objectives

The relationship between total step counts and ambulation indices under free living conditions for university students were investigated.

Methods

Participants were 27 university students in Tokyo Metropolitan area (10 males and 17 females). Average total step counts, ambulation type, speed and duration were evaluated for 3 days under free-living conditions using the Intelligent Device for Energy Expenditure and Activity (IDEEA, MiniSun LLC).

Results

There was a strong correlation between total steps and ambulation duration, and average cadence was about 100 steps/min over the entire range of total steps. On the other hand, average total steps were not significantly correlated with average ambulation speed. The average duration of ambulation at a speed corresponding to moderate-to-vigorous intensity, made up about 60% of total ambulation duration on average. However, there was large variability in percent duration of ambulation that corresponded to moderate-to-vigorous intensity. Average duration of stair climbing up and down was 6.8 ± 4.9 min/day.

Conclusions

Total ambulation duration under free-living conditions can be predicted from total steps using a ratio of 100 steps/min over the entire range of total steps, independent of average ambulation speed or total ambulation duration. On average, about 60% of ambulation duration corresponded to moderate-to-vigorous intensity activity with large variability.

I. 緒言

厚生労働省が策定した「健康づくりのための運動基準2013」¹⁾では、活動的な日常生活において、生活習慣病の発症リスクを低下させ、特に中等度以上の活動が、生活習慣病や認知症などの予防に有効であるとしている。身体活動には、必ずしも計画的に実施された運動に限らず、仕事や家事などの日常生活活動も含まれる^{2,3)}。

身体活動量の評価法としては、質問紙法や活動記録に基づく要因加算法、加速度計法、心拍数法等が挙げられる⁴⁾が、身体活動量を正確にとらえることは容易ではない。質問紙法や要因加算法は、活動の種類に関する情報を得ることができるが、記録の正確さが保証されておら

ず、必ずしも信頼に足る情報が得られるとは限らない。また、正確に記録しようとする、被験者にとって大きな負担となる。それに対し、活動量計は、最近大きな進歩を遂げているが、機種間の差が大きく、概して過小評価の傾向がある^{5,6)}。それよりさらに廉価で簡便な方法として歩数計がある。歩数は、3メッツ以上の身体活動 (moderate-to-vigorous physical activity: MVPA) の指標であり、大規模な疫学調査で用いられることも多い^{4,7)}。そのため、歩数からMVPAを推測することができれば、身体活動量の実態把握において非常に有益である。歩数とMVPAの所要時間との関係については、歩行・走行以外の身体活動を含めてかなり正確に評価できる加速度計を用いて報告されている⁸⁾。しかし、実験的な条件ではな

*1 女子栄養大学身体活動・代謝研究室：Laboratory of Physical Activity and Metabolism, Kagawa Nutrition University

*2 女子栄養大学栄養科学研究所：Institute of Nutrition Sciences, Kagawa Nutrition University

*3 東京家政学院大学人間栄養学部：Faculty of Human Nutrition, Tokyo Kasei Gakuin University

く日常生活において、歩数からどのようなことがわかるか、十分に明らかとなっているとは言えない。

身体の動作や姿勢等について、単位時間毎に定量的に評価できる方法として、IDEEA (Intelligent Device for Energy Expenditure and Activity; MiniSun社)⁹⁻¹¹⁾がある。IDEEAは、胸部と大腿部、足裏部につけたセンサーの情報から、様々な動作や姿勢、それらの移行等に分類するとともにエネルギー消費量を推定する機器である。また、移動形態や移動速度、歩数の情報も正確に得られる。そこで、本研究では、IDEEAのセンサーの着脱を含め連続的な装着を支障なく行いやすいと考えられた大学生を対象として、歩数と歩行時間や歩行速度、MVPAの占める割合との関係について検討することを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

対象者は、東京都内の2つの大学に通学している日本人大学生27名(男子10名, 女子17名, 19~22歳)であった。大学内のポスター掲示および著者らや協力者からの口コミを通じて参加者を募った。健康・スポーツ系の学生や運動部に所属する学生も含まれたが、ほぼ毎日にわたって激しい運動を行っている学生は除外した。問診により病歴について確認し、甲状腺機能の異常、糖尿病など、エネルギー代謝に影響を与えると考えられる疾病についての既往歴がある者については、対象から除外した。本研究は、国立健康・栄養研究所研究倫理審査委員会の許可を得て実施した(申請番号: 04006, 承認日: 2004年6月21日)。測定にあたって、対象者に測定の目的、利益、不利益、危険性、データの管理や公表について説明を行い、書面による同意を得た。

2. 測定項目および方法

IDEEA⁹⁻¹¹⁾を利用して、2004年10月から2005年2月のそれぞれ連続した3日間にわたって、活動・姿勢の種類や移動速度を判別した。IDEEAは、胸部と大腿部、足裏部の計5部位に装着したセンサーの情報から、様々な動作や姿勢、それらの移行など、合計32種類に分類することができる。その正確性については、米国人および日本人において非常に高いことが報告されている⁹⁻¹¹⁾。IDEEAは、それぞれのセンサーから32Hzでデータを取得し、1秒毎に活動・姿勢の分類や移動速度・エネルギー消費量の推定を行う。なお、日本人を対象にトレッドミル上で5.7km/時および4.3km/時の歩行を実施したところ、推定平均速度はそれぞれ5.8±0.3km/時と4.5±0.4km/時であった¹¹⁾。

対象者に対して、測定開始前に測定に関する説明を行った。その後、身体計測を行い、対象者の胸部と大腿部、足裏部にセンサーを装着し、所定のキャリブレーションを行った。IDEEAの本体は、右腰の骨盤の位置にくるように装着した。その後、睡眠中を含め、深夜0時からの24時間にわたってIDEEAを装着するように依頼

した。ただし、入浴の際はセンサーを外してもらったため、対象者自らでセンサーを着脱できるよう、最初の装着時に、センサーの装着法について説明を行った。

身体計測に関しては、身長および体重の測定を行った。身長は0.1cm、体重は0.1kg単位で測定した。

3. 統計分析

IDEEAの設定・取り込み・解析(各行動の判別・所要時間)は、付属の専用ソフトを利用して行った。IDEEAから得られる変数のうち、自動車や電車・バスといった交通機関を利用しない歩行・走行・階段昇降という3種類の移動を対象に、所要時間や移動速度、および歩数の情報のみを扱った。それらの変数について各対象者における1日当たりの平均値を算出して、分析に利用した。4.0km/時(67m/分)のふつう歩行(normal walk)が、MVPAの下限に当たる3メッツに相当する¹²⁾ため、67m/分以上の歩行や走行・階段昇降の時間の割合についても算出した。

各変数の代表値は、平均±標準偏差で示した。2つの測定項目間の関係は単純線形回帰分析によって評価した。統計解析には、Microsoft Excelを利用した。有意水準は5%とした。

III. 結果

1. 対象者における歩行の実態(表1)

27名の対象者のうち、対象者自身に行ってもらったバッテリー交換に問題があった3名で2日分、残りの24名で3日分のデータが得られた。対象者における1日当たりの平均歩数は、8,047±3,829歩/日であった。個人毎の平均値の範囲は2,325~16,279歩/日に分布していた。歩数の多くは、歩行によるものであり、走行より階段昇降による歩数や時間の方が長かった。階段昇降に要した時間は6.8±4.9(範囲: 0.5~18.9)分/日であった。その他、平均移動時間や平均移動速度は、表1の通りであった。

表1 対象者の身体的特徴および移動の状況

変数	平均 標準偏差	最小値 最大値
身長 (cm)	162.8 ± 7.7	149.5 - 178.4
体重 (kg)	56.7 ± 11.0	44.5 - 94.9
Body mass index (kg/m ²)	21.3 ± 3.0	16.5 - 32.2
平均歩数 (歩/日)	8,047 ± 3,829	2,325 - 16,279
歩行 (歩/日)	6,932 ± 3,245	1,821 - 14,338
走行 (歩/日)	370 ± 446	0 - 1,842
階段昇降 (歩/日)	746 ± 511	57 - 2,042
平均移動時間 (分/日)	78.4 ± 34.6	24.7 - 159.4
平均移動速度 (m/分)	76.0 ± 6.6	64.0 - 95.7
4.0km/時以上での移動時間 (分/日)	62.9 ± 11.8	36.2 - 81.2

#歩数や移動に関する変数については、まず各個人で3日間(ただし、27名中3名は2日間)の平均値を求め、それらの平均値を示した。

2. 1日当たりの歩数と移動時間との関係

1日当たりの平均歩数と平均歩行時間の関係を、図1に示した。歩行時間 $=0.0089 \times$ 歩数 $+7.0$ （歩数を従属変数とした場合は、歩数 $=$ 歩行時間 $\times 109 - 491$ ）という直線回帰式が得られ、非常に強い相関がみられた（ $r=0.98$, $p<0.001$ ）。

3. 1日当たりの歩数と平均歩行速度との関係

1日当たりの平均歩数と平均歩行速度の関係を、図2に示した。両者の間には、有意な相関がみられなかった（ $r=0.11$, n.s.）。

4. 1日当たりの歩数と67m/分以上の移動の割合との関係

1日当たりの平均歩数と67m/分以上の移動の割合との関係を、図3に示した。両者の間には、有意な相関が得られなかった（ $r=0.28$, n.s.）。

IV. 考察

本研究では、大学生を対象に、移動の種類や速度の実態、および歩数との関連を検討した。移動時間と歩数との間には非常に強い直線関係がみられた。一方で、平均移動速度や3メッツに相当する67m/分以上の移動の割合と歩数との間では、有意な相関がみられなかった。また、階段昇降に要した時間は 6.8 ± 4.9 分/日であった。

本研究の対象者における平均歩数は $8,047 \pm 3,829$ 歩/日であり、国民健康・栄養調査¹³⁾における同年代の平均値よりやや多かった。そのような集団において、平均歩行速度は 76.0 ± 6.6 m/分であり、「ふつう歩行（normal walk）」とされる67m/分よりやや速かった。平均歩数と平均移動時間との回帰直線から、2,325~16,279歩/日という広い歩数の分布の中で、「10分=1,000歩」という強い関係がみられた。このことから、歩数の大小にかかわらず、歩数（歩/日）から移動時間がかかり正確に推定できることがわかる。

一方で、平均移動速度やMVPAに相当する移動時間と歩数との間には有意な関係がみられなかった（図2, 3）。MVPAに相当する移動時間が全移動時間に占める割合は60%強であったが、その個人間差は大きかった。したがって、歩数から全移動時間を推定することはできるが、歩数が多くなっても、MVPAに相当する時間の割合には違いがみられないことが明らかとなった。表現を変えると、歩数が少なくても多くても、平均すると移動の約60%強がMVPAに相当し、その割合の個人間差は小さかった。本報告では、あらゆる種類のMVPAの所要時間については検討していない一方で、移動による所要時間や移動速度との関係についてより詳細に検討した。

日常生活における平均的なケーデンス（cadence：一分間当たりの歩数）を報告した8つの論文の結果から平均をとると、 115.2 歩/分であったと、Tudor-Locke et al.¹⁴⁾は報告している。8つの中には、日本人を対象とした論

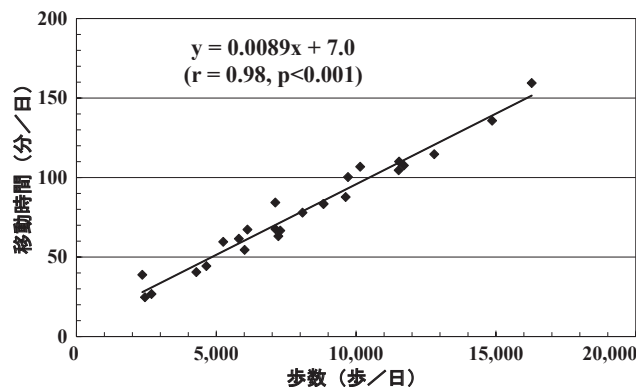


図1 平均歩数と平均移動時間との関係

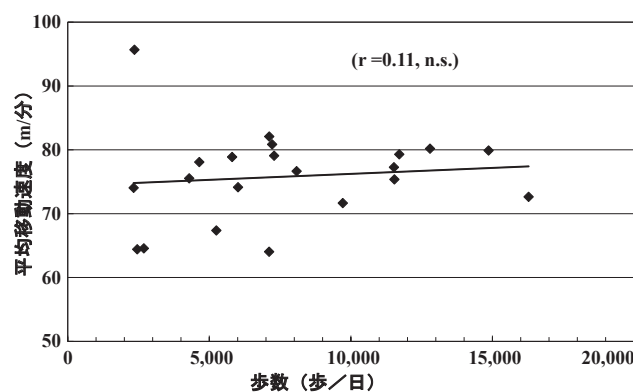


図2 平均歩数と平均移動速度との関係

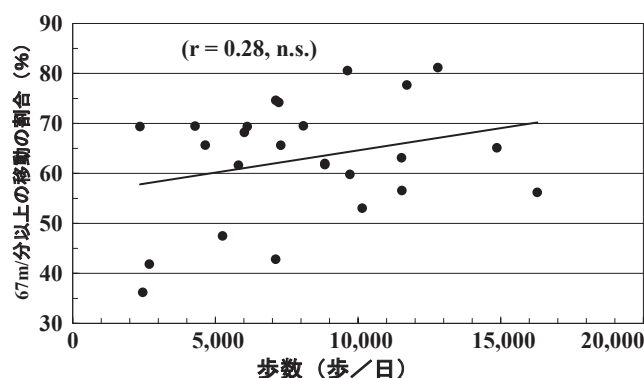


図3 平均歩数と67m/分以上の移動の割合との関係

文2報^{15, 16)}が含まれているが、混雑していない住宅地における短時間の観察結果である。それら以外の報告も、1日全ての歩行ではないため、屋内の断続的で短い歩行などは含まれていない。また、日本人以外は米国やオランダ人、スウェーデン人の結果であり、平均身長が日本人よりかなり高い。それらの点を考えると、本研究で得られた約100歩/分より多かった上記の結果との違いは理解できる。一般に、速度が上がるとケーデンスも増加する¹⁷⁾。速度とケーデンスとの相関がありながら、1日の総歩数とケーデンスとの関係がみられなかった点は本研究のオリジナリティの一つであり、移動に占めるMVPAの割合と総歩数との相関がなかったことで説明ができる。

なお、日常生活における階段昇降の時間は、 6.8 ± 4.9 (範囲: $0.5 \sim 18.9$) 分/日であった。階段昇降に関する実態については、著者らが知る限り報告はない。「1日60分間以上のMVPA」という目標を考えると階段昇降はそれほど長い時間ではないが、中には18分/日の者もみられた。特に階段昇りの強度が非常に強い(メッツ表では8.0メッツ)ことを考えると、一部の大学生にとっては、走行以上に強度の高い身体活動が無視できない時間にわたって実施されていることが明らかとなった。脚筋力や全身持久力の維持・向上においては、一定の役割を果たしている可能性はある。

本研究には、いくつかの限界がある。第一に、対象者数が少なく、また、対象者の選別に偏りがある可能性は否定できない。そのため、大学生についても一般化するには限界がある。ただし、特に歩数と移動時間との関係は非常に強く、対象者数を増やし特性を明確にしても、結果に大きな違いはないのではないかと考えられる。一方で、大学生以外の対象、特に高齢者や肥満者などについては、異なる結果となることも十分に考えられる。今回は顕著な性差はみられなかったものの、性差の検討も必要であり、これらの分析が可能となるような新たなデータの取得が望まれる。また、IDEAAは、様々な活動・姿勢の種類や移動速度などをかなり正確に提供できるが、足の裏を含め、センサーを5か所に装着するため、足の裏や胸・大腿部の違和感や着替え・入浴の不自由さなどにより、通常の日常生活を送りにくかった対象者がいた可能性はある。Trostらの総説¹⁰⁾によると、「成人において、習慣的な身体活動量を評価するには3日以上が望ましい」とし、平日と週末の区別は必要条件としていない。また、IDEAAの電池は2日程度しかもたないため、対象者自身により途中で一度交換してもらって、連続した3日間の測定とした。検者および対象者の都合により説明・装着が可能な日に開始したため、週末を一部含んでいる。平日と週末によって結果が異なる可能性は十分にあるが、週末を含んでいたのは一部の対象者だけで、その場合でも週末の日数が少なかったため、週末と平日を分けずに分析した。また、授業・登校の有無は確認していなかった。そうした点も、本研究の限界の一つである。

V. 総括

大学生を対象に、移動の種類や速度の実態、および歩数との関連を検討した。移動時間と歩数との間には非常に強い直線関係がみられ、1日の歩数の大小にかかわらず、「10分間の移動 \approx 1,000歩」という関係がみられた。一方で、平均移動速度や3メッツに相当する67m/分以上の移動の割合と歩数とは、有意な相関がみられなかった。また、階段昇降に要した時間は 6.8 ± 4.9 分/日であった。

本研究を進めるにあたり、測定にご協力いただいた対象者の方々、および測定や分析に携わってくれた国立健

康・栄養研究所の方々に深く感謝します。

なお、本研究に関して開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 厚生労働省: 健康づくりのための身体活動基準2013 (2013)
- 2) Caspersen, C.J., Powell, K.E., Christenson, G.M.: Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research, *Public Health Rep.*, **100**, 126-131 (1985)
- 3) Levine, J.A.: Nonexercise activity thermogenesis--liberating the life-force, *J. Intern. Med.*, **262**, 273-287 (2007)
- 4) Hills, A.P., Mokhtar, N., Byrne, N.M.: Assessment of physical activity and energy expenditure: an overview of objective measures, *Front. Nutr.*, **1**, 5 (2014)
- 5) Murakami, H., Kawakami, R., Nakae, S., et al.: Accuracy of wearable devices for estimating total energy expenditure: comparison with metabolic chamber and doubly labeled water method. *JAMA Intern. Med.*, **176**, 702-703 (2016)
- 6) Murakami, H., Kawakami, R., Nakae, S., et al.: Accuracy of 12 wearable devices for estimating physical activity energy expenditure using a metabolic chamber and the doubly labeled water method: validation study, *JMIR Mhealth Uhealth*, **7**, e13938 (2019)
- 7) Tudor-Locke C, Craig CL, Brown WJ, et al.: How many steps/day are enough? For adults, *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.*, **8**, 79 (2011)
- 8) 大島秀武, 引原有輝, 大河原一憲, ほか: 加速度計で求めた「健康づくりのための運動基準2006」における身体活動の目標値(23メッツ・時/週)に相当する歩数, *体力科学*, **61**, 193-199 (2012)
- 9) Zhang, K., Werner, P., Sun, M., et al.: Measurement of human daily physical activity, *Obes. Res.*, **11**, 33-40 (2003)
- 10) Zhang, K., Pi-Sunyer, F.X., Boozer, C.N.: Improving energy expenditure estimation for physical activity, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **36**, 883-889 (2004)
- 11) 田中茂穂: 身体活動量の量的および質的評価法の確立, 第20回健康医科学研究助成論文集, 84-95 (2005)
- 12) Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Herrmann, S.D., et al.: 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values, *Med. Sci. Sports Exerc.*, **43**, 1575-1581 (2011)
- 13) 厚生労働省: 令和元年国民健康・栄養調査報告 (2020).
- 14) Tudor-Locke, C., David A Rowe, D.A.: Using cadence to study free-living ambulatory behaviour. *Sports Med.*, **42**, 381-398 (2012)
- 15) Sato, H., Ishizu, K.: Gait patterns of Japanese pedestrians, *J. Hum. Ergol. (Tokyo)*, **19**, 13-22 (1990)
- 16) Sato, H., Sako H, Mukae H, et al.: Gait patterns of young

- Japanese women, *J. Hum. Ergol. (Tokyo)*, **20**, 85-88 (1991)
- 17) Marshall, S.J., Levy, S.S., Tudor-Locke, C.E., et al.: Translating physical activity recommendations into a pedometer-based step goal: 3000 steps in 30 minutes, *Am. J. Prev. Med.*, **36**, 410-415 (2009)
- 18) Trost, S.G., McIver, K.L., Pate, R.R.: Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **37** (11 Suppl), S531-S543 (2005)