

〔経常研究 A〕

ウェアラブルデバイスを活用した日常生活の筋活動シミュレーション

福井 航

1 目的

経済産業省も健康経営の必要性を訴えており、今後健康経営の必要性は増していくと考えられる¹⁾。特にデスクワークの従業員の運動不足は深刻であるが、「業務を中断して運動させる」「余暇の時間を減らして1駅歩かせる」という指導はなかなか難しい。これを解決する手段として、日常の歩き方や座り方などを指導することで健康に導くことが出来れば、日常生活を過ごしながらか健康を目指すことが出来ると考えた。METs²⁾のように運動強度を評価する指標もあるが、歩き方や座り方など、個人のクセまでは反映出来ず、このような指導には適さない。

本研究ではウェアラブルデバイスを活用して1日の生活動作の内訳を明らかにし、デジタルヒューマン技術を活用して筋活動シミュレーションを行う。これによって日々の運動状況を明らかにする。

2 提案手法

提案手法の概要を図1に示す。まずウェアラブルデバイスを用いて日常の活動を動作とそれに要した時間に分類する。個々の動作ごとに単位時間分だけ筋骨格シミュレーションを行い、その結果に対してそれぞれの時間を掛けることで1日分の筋活動を試算するものである。今回は筋活動の中でも代謝エネルギーに注目し、試算を行った。

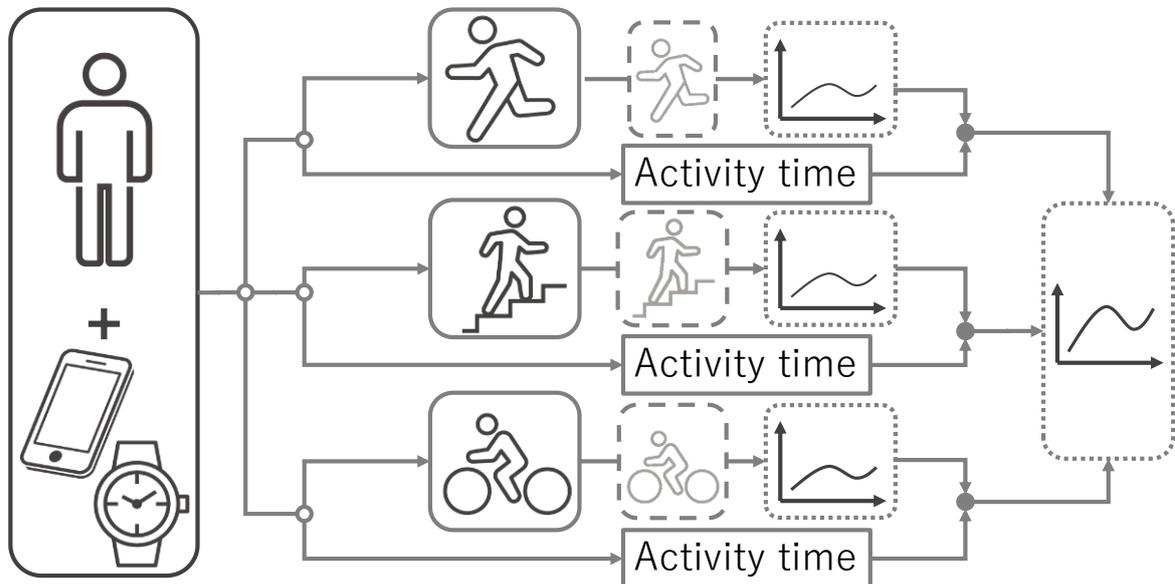
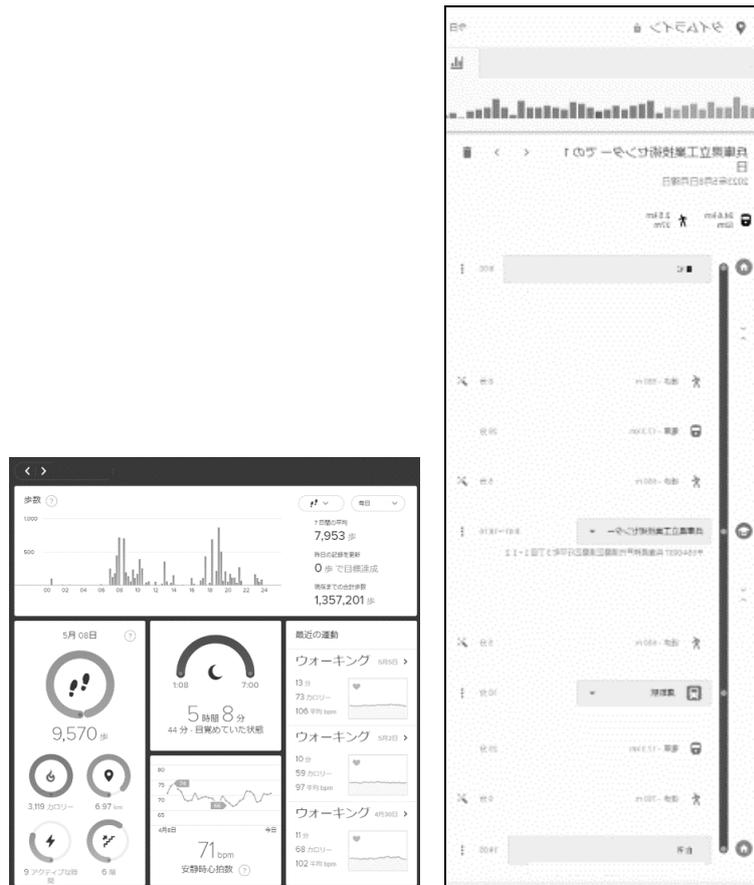


図1 提案手法の概要

3 実験

今回の実験では、ウェアラブルデバイスにスマートウォッチ（Fitbit Sense2、図2(a)）とスマートフォン（Pixel6a、Google Map、図2(b)）を用いて1日分の行動を記録した。図2に著者を被験者とした平日の活動ログを示す。移動時間や滞在時間、移動手手段、歩数、睡眠時間、階段を上った階数などが記録されている。これらの情報を元に、1日の動作を分類した。分類結果を表1に示す。この日は一日（1440分）のうち、72%（1043分）を座って生活していたことが分かった。



(a) スマートウォッチ (b) Google Map

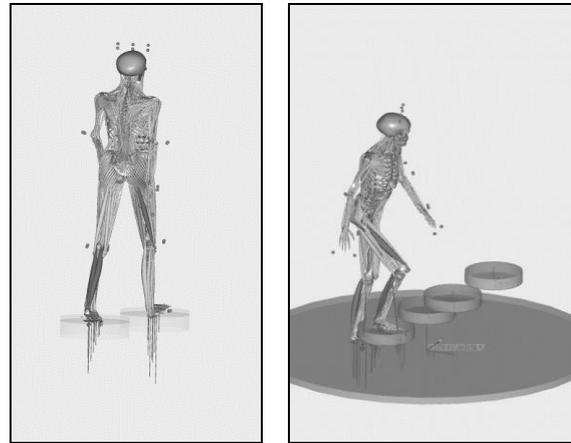
図2 1日分の行動記録

表1 分類した動作時間と1分当たりの代謝エネルギー

	min	kCal/min	kCal/day
立位	62.00	0.089	5.5
座位	1043.00	0.325	339.4
歩行	26.77	11.902	318.6
階段	0.23	18.825	4.3
睡眠	308.00	0.023	7.0

次に分類した動作に対して個々に筋骨格シミュレーションを行った。筋骨格シミュレータには AnyBody (開発元: AnyBody Technology A/S)³⁾を使用した。今回分類し、筋骨格シミュレーションを行った5種類の動作のうち、歩行と階段の解析の様子を図3に示す。大腿直筋やヒラメ筋の色が濃くなっており、筋活動が活発であることが視覚的にも分かるようになっている。AnyBodyでは各筋肉を数本の筋でモデル化しており、各筋について代謝エネルギーや筋活動量を出力することができる。各筋について代謝エネルギーを部位ごとに積算した結果を図4に示す。肩や肘などの腕周りは右の代

謝が高く、大腿や下肢などの足回りは左の代謝が高いことが分かった。また、全筋肉の代謝カロリーを合算すると 675kCal/day であった。これらは被験者の意思によって動かすことのできる随意筋の筋活動に伴う代謝エネルギーである。



(a)歩行

(b)階段上り

図3 筋骨格シミュレーションの様子

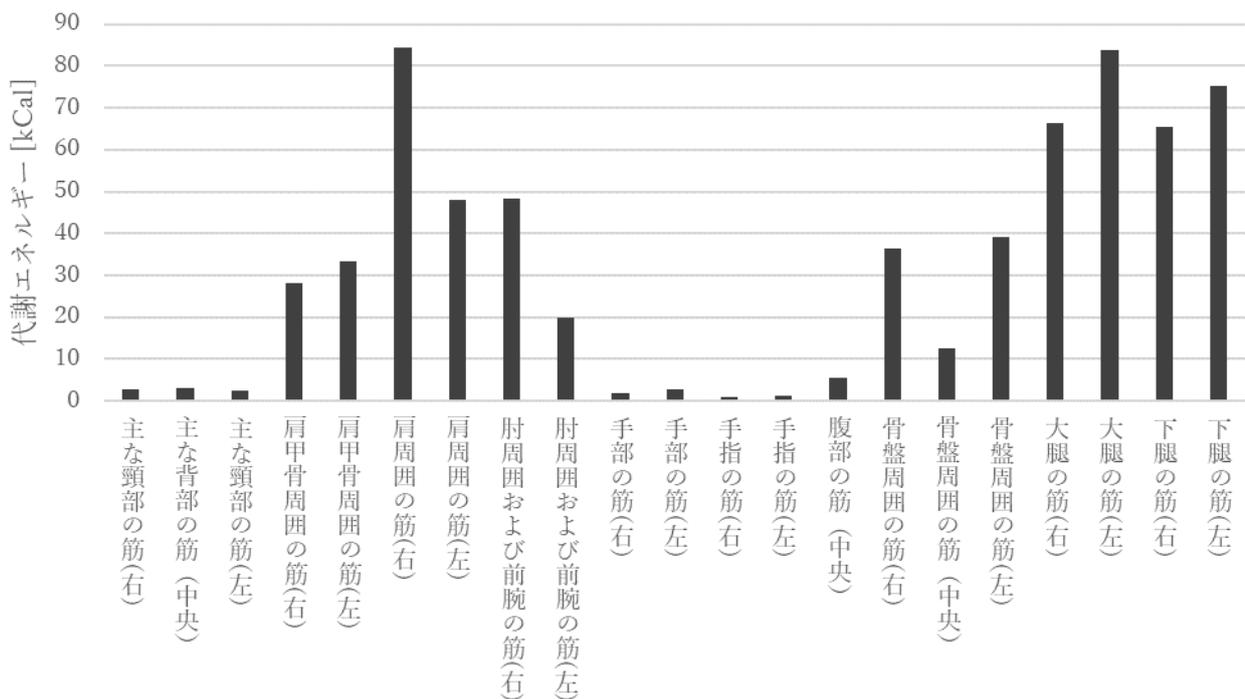


図4 1日分の随意筋の代謝エネルギーの内訳

4 結論

基礎代謝は安静時の生命維持に必要なエネルギーであることから、基礎代謝から安静時の代謝エネルギーを減算することで被験者の不随意筋の代謝エネルギーを算出することができる。今回の場合、基礎代謝は 1980kCal/day⁴⁾ であり、安静時の代謝エネルギー (0.023kCal/min) に 24 時間

(1440min) を乗じて減算すると、不随意筋の代謝エネルギーは 1947kCal/day となる。これに今回の実験で算出できた随意筋の代謝エネルギー (675kCal/day) を足すと、1 日分の代謝エネルギーは 2622kCal/day となる。このように個人の歩き方や座り方を反映した代謝エネルギーを試算できたことで、これを元に運動不足や摂取エネルギーの過不足を検討することが可能となった。

今後は歩き方や座り方など、動作に介入した場合の筋骨格シミュレーションを行い、1 日分の代謝エネルギーを比較することで健康指導などの方針を探っていく。

参考文献

- 1) 経済産業省ヘルスケア産業課. 健康経営の推進について. 2022, 67p.
- 2) Stephen D. H.; et al. 2024 Adult Compendium of Physical Activities: A third update of the energy costs of human activities, J Sport Health Sci. 2024 Jan;13(1):6-12.
- 3) Michael D.; et al. Analysis of musculoskeletal systems in the AnyBody Modeling System: Simulation Modelling Practice and Theory, 2006, 14(8), p.1100-1111.
- 4) 生活や実務に役立つ高精度計算サイト."基礎代謝量". <https://keisan.casio.jp/exec/system/116122873>, (参照 2024-08-09)

(問合せ先 福井航)