

Wattbike AtomX の信頼性及び妥当性

The reliability and validity of Wattbike AtomX

中 垣 浩 平¹⁾

Nakagaki Kohei¹⁾

キーワード：自転車エルゴメーター，ペダリングパワー，電磁負荷

【要 約】

本研究の目的は、Wattbike 社の電磁負荷式エルゴメータである Wattbike AtomX の負荷制御の信頼性及び妥当性を検討することであった。本研究ではトルクモータを内蔵した校正装置を妥当基準とし、100—500 W の範囲におけるパワーを評価した。Wattbike AtomX を任意のパワーに設定し、それぞれ4回計測した際の変動係数は0.5 % 未満であった。Wattbike AtomX のパワーは、校正装置のパワーよりも 5.67 ± 0.26 % 低値を示した。回帰分析の結果、Wattbike AtomX のパワーから校正装置のパワーを予測する有意な回帰式 $Y = 1.06111X$ が得られた。この回帰式から算出した残差は、絶対値では ± 5 W の範囲に、相対値では ± 1 % の範囲に収まった。Wattbike AtomX は、校正結果によるパワーの補正を実施することによって、100—500 W の範囲において信頼性及び妥当性の高い測定が可能になる。

I. 緒言

Wattbike 社が2008年に販売を開始した Wattbike Pro は、空気抵抗式（マグネット抵抗も併用可能）の自転車エルゴメータである。空気抵抗式の自転車エルゴメータの特徴は、1) ペダリング回転数が一定の場合、空気抵抗レバーの設定に応じてペダリングトルク及びパワーが変化すること、2) 空気抵抗レバーの設定が一定の場合、ペダリング回転数に応じてペダリングトルク及びパワーが変化することにある。これまでに Wattbike Pro は、特に高強度パワー（500—1500 W）を評価する際の信頼性及び妥当性に優れると報告されている¹⁾²⁾。これらの特徴から、Wattbike Pro は短時間の全力ペダリングテスト（オールアウトテスト）やスプリントインターバルトレーニング等の用途に適していると考えられる。一方、パワーを任意の値に保つ必要のあるテストには不向きであった。

近年、Wattbike 社から電磁負荷式のエルゴメータである Wattbike AtomX が発売された。Wattbike AtomX は Wattbike Pro とは異なり、ペダリング回転数に依存することなくパワーを任意の値に制御することができる。また、設定パワーは5 W 刻みで調整することが可能である。このような負荷制御は、漸増負荷テストなどの最大下から最大強度でおこなわれるテ

トの実施に適している。そこで本研究では、これらのテストの実施を想定し、Wattbike AtomX の低強度パワー（100—500 W）の信頼性及び妥当性を明らかにすること目的とした。

II. 方法

Wattbike AtomX (2023年度納品) 1台を対象に、校正作業を実施した。校正作業には、1500 W (100 Nm) まで測定できる校正装置 (Lode 社製、Portable Calibrator Ultra; 以下 Lode) を用いた。なお、Wattbike AtomX の校正作業に先立ち、校正分銅を用いて Lode の校正確認 (Static verification) を実施した。Lode は、任意の回転数で自転車エルゴメータのクランク軸を回転させることが可能であり、その際のトルクを計測することができる。校正時の Lode の回転数は、60 及び 90 rpm の2条件に設定した。一般に、50—60 rpm は非アスリートを³⁾⁴⁾、80—90 rpm はアスリートを⁵⁾⁶⁾ 対象とした有酸素性体力の測定に用いられている。また、それぞれの回転数に対し Wattbike AtomX の設定パワーは、100、200、300、400 及び 500 W の5条件とした。校正作業は、合計10条件（回転数2条件×パワー5条件）を1回とし、日を変えて4回実施した。

¹⁾ 山梨学院大学スポーツ科学部

R言語 (R version 4.1.3) を用いて、Wattbike AtomXのパワー (説明変数) から Lode のパワー (目的変数) を予測する回帰分析を実施した。統計的有意水準は5%に設定した。

Ⅲ. 結果

1. 信頼性

表1には日を変えて4回実施した校正結果を示した。Lodeを60 rpmにて駆動させた場合の変動係数 (CV) は、0.14—0.32%であった (表1a)。同様に、Lodeを90 rpmにて駆動させた場合のCVは、0.22—0.49%であった (表1b)。

表 1a. 60 rpm での校正結果

Wattbike		Lode 60 rpm					
AtomX	1st	2nd	3rd	4th	Mean	SD	CV
W	W	W	W	W	W		%
100	106.0	106.1	105.4	105.9	105.8	0.24	0.23
200	211.1	211.6	210.9	211.6	211.3	0.30	0.14
300	316.9	318.1	316.8	318.3	317.5	0.67	0.21
400	425.2	427.1	423.8	427.1	425.8	1.38	0.32
500	531.5	534.7	530.9	534.5	532.9	1.73	0.32

表 1b. 90 rpm での校正結果

Wattbike		Lode 90 rpm					
AtomX	1st	2nd	3rd	4th	Mean	SD	CV
W	W	W	W	W	W		%
100	106.6	106.3	106.6	105.3	106.2	0.52	0.49
200	212.3	212.4	212.1	211.2	212.0	0.49	0.23
300	318.2	317.3	317.2	316.3	317.2	0.68	0.22
400	425.2	422.2	423.7	422.0	423.3	1.28	0.30
500	533.4	527.5	530.6	527.1	529.7	2.55	0.48

2. 妥当性

表2に、Wattbike AtomX のパワー、Lode のパワー、両者の絶対差及び相対差 (Wattbike AtomX - Lode) を示した。Wattbike AtomX のパワーは、Lode のパワーよりも $5.67 \pm 0.26\%$ 低値となった。

Wattbike AtomX のパワーから Lode のパワーを

予測する回帰分析を実施したところ、有意な回帰式 ($Y = 1.063413X - 0.84375$) が得られた。しかし、切片の値は $p > 0.05$ となり、切片が0ではないとはいえなかった。そこで本研究では、切片を0としたモデル ($Y=aX$) の適用が望ましいと判断し、このモデルで得られた結果を表3に示した。

表 2. Wattbike AtomX のパワー、Lode のパワー及び両者の差

Wattbike	Lode	Difference		Lode	Difference	
AtomX	60 rpm	W	%	90 rpm	W	%
W	W	W	%	W	W	%
100	105.8	-5.8	-5.51	106.2	-6.2	-5.85
200	211.3	-11.3	-5.36	212.0	-12.0	-5.66
300	317.5	-17.5	-5.52	317.2	-17.2	-5.43
400	425.8	-25.8	-6.06	423.3	-23.3	-5.50
500	532.9	-32.9	-6.18	529.7	-29.7	-5.60

表 3. Wattbike AtomX のパワーから Lode のパワーを予測する回帰分析結果

n	Slope	SEE	R	R ²
40	1.061111	1.662	0.99999	0.99998

図1に、Lode のパワーと表3の回帰式から算出した残差 (Residual) との関係を示した。残差は、絶対値では ± 5 W (図 1 a) の範囲に、相対値では ± 1 % (図 1b) の範囲に収まった。

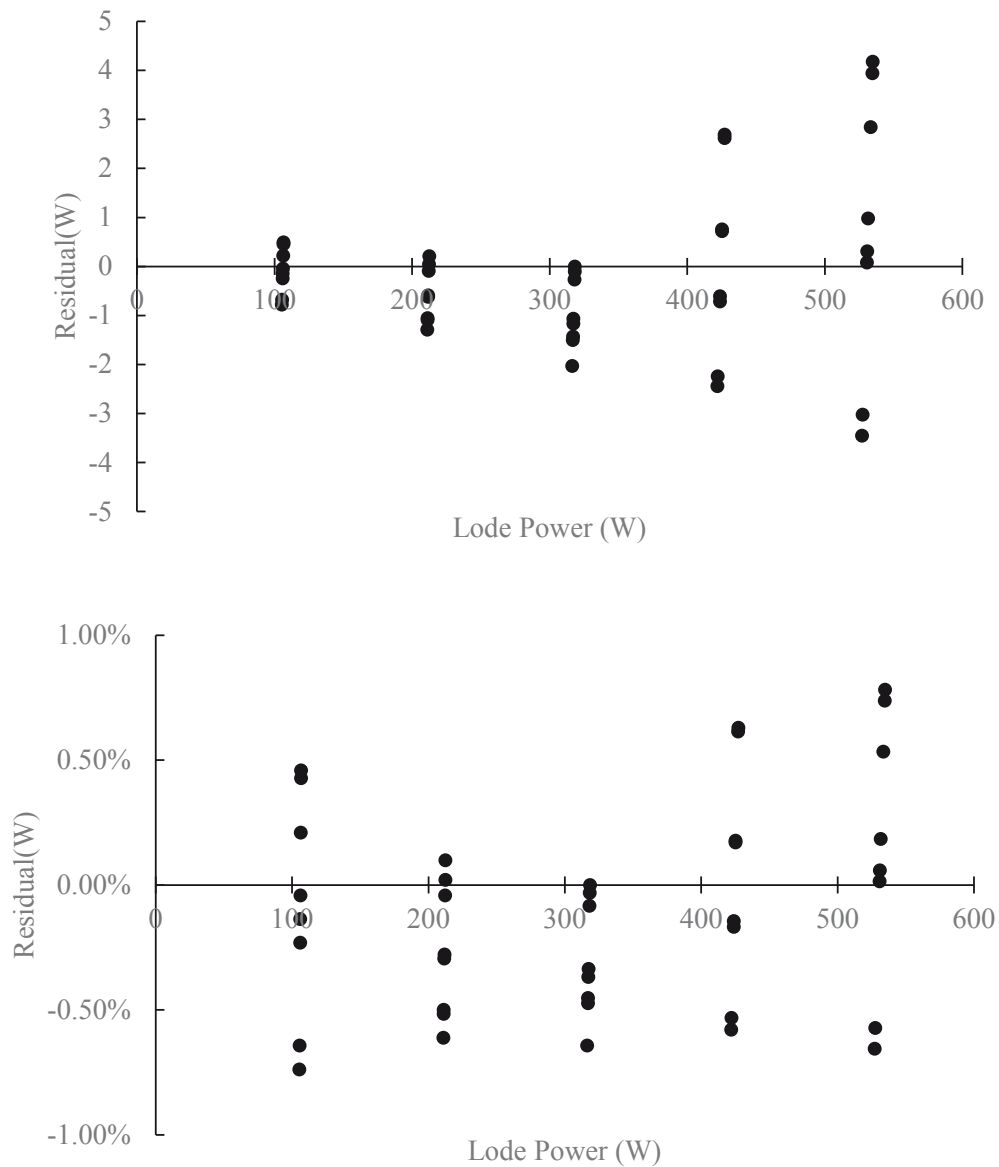


図 1. Lode のパワーと残差の関係 (図 1a : 絶対値、図 1b : 相対値)

IV. 考察

本研究の目的は、Wattbike AtomX を対象に、100—500 W の範囲におけるパワーの信頼性及び妥当性を明らかにすることであった。本研究の結果、Wattbike

AtomX のパワーは、校正装置のパワーよりも 5.67 ± 0.26 % 低値を示すことが明らかとなった。また、Wattbike AtomX のパワーから Lode のパワーを予測する回帰式の傾きは1を超えていた。これらの結果は、

Wattbike AtomX に設定したパワーよりも、実際の負荷制御が過大となっていることを意味する。一方、空的抵抗式の Wattbike Pro では、これとは対照的な結果が報告されている。Wainwright et al.¹⁾ は、10台の Wattbike Pro の妥当性を検討し、全てのエルゴメータにおいて Wattbike Pro のパワーから校正装置のパワーを予測する回帰式の傾きが1未満なることを示している。同様な結果は、4台の Wattbike Pro の妥当性を検討した筆者の研究²⁾ においても確認されている。校正結果によるパワーの補正ができない環境では、Wattbike AtomX はパワーを過小に、Wattbike Pro はパワーを過大に評価する可能性がある。したがって、それぞれのエルゴメータで得られた測定値を直接比較することは望ましくないと推察される。ただし、本研究が分析対象とした Wattbike AtomX は1台のみである。負荷制御が過大となるのは、Wattbike AtomX に共通して認められる現象ではなく、この個体に特有の現象である可能性もある。筆者の知る限り、これまでに Wattbike AtomX の妥当性を検討した研究はおこなわれていない。Wattbike AtomX の個体差が妥当性に及ぼす影響は、今後の研究課題である。

Wattbike Pro では、パワーが約150—500 W の際に、校正装置によって導出した回帰式から求めた残差の相対値が -2—6 % の範囲になると報告されている²⁾。これに対して Wattbike AtomX では、パワーが100—500W の際に、残差の相対値が -1—1 % 範囲に収まった。また、任意のパワーにおける CV は0.5 % 未満であった。これらの結果から、Wattbike AtomX は校正結果によるパワーの補正を実施することによって、極めて妥当性及び信頼性の高い測定が可能になるといえる。特にパワーを一定の値に保つ必要がある Time to exhaustion テスト（任意のパワーにおける運動持続時間を評価）や漸増負荷テスト（乳酸性閾値や最大酸素摂取量を評価）など、有酸素性体力を評価するための各種テストに適しているといえよう。

V. 研究の限界

本研究では、校正装置に起因する誤差は、考慮に入れていない。また、本研究にて用いた Wattbike AtomX は1台のみであり、個体差については検討できていない。

VI. まとめ

Wattbike AtomX の信頼性は高く、パワーの変動係数は0.5 % 未満であった。Wattbike AtomX のパ

ワーから校正装置のパワーを予測する回帰式 ($Y = 1.06111X$) を用いて算出した残差は、絶対値では ± 5 W の範囲に、相対値では ± 1 % の範囲に収まった。Wattbike AtomX は、校正結果によるパワーの補正を実施することによって、100—500 W の範囲において信頼性及び妥当性の高い測定が可能になる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP20K11431 の助成を受けたものです。

文献

1. Wainwright B, Cooke CB, O'Hara JP. The validity and reliability of a sample of 10 Wattbike cycle ergometers. *J Sports Sci.* 2017, 35(14): 1451-1458.
2. 中垣浩平. 山梨学院大学スポーツ科学部が所有する Wattbike の信頼性及び妥当性. 山梨学院大学スポーツ科学研究. 2021, 4: 45-52.
3. Astrand PO, Ryhming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during sub-maximal work. *J Appl Physiol.* 1954, 7(2):218-221.
4. Hermansen L, Saltin B. Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol.* 1969, 26(1):31-37.
5. Coyle EF. Improved muscular efficiency displayed as Tour de France champion matures. *J Appl Physiol.* 2005, 98(6):2191-2196.
6. Gnehm P, Reichenbach S, Altpeter E, Widmer H, Hoppeler H. Influence of different racing positions on metabolic cost in elite cyclists. *Med Sci Sports Exerc.* 1997, 29(6):818-823.