

## 跳躍テンポの変化が連続リバウンドジャンプの構成要素に及ぼす影響

川端良介<sup>1)</sup>, 相馬優樹<sup>2)</sup>, 大島義晴<sup>3)</sup>

The effect of change in jump cycle on components of rebound jump

Ryosuke KAWABATA<sup>1)</sup>, Yuki SOMA<sup>2)</sup>, Yoshiharu OHSHIMA<sup>3)</sup>

### Abstract

**Background:** The tempo setting of jump training is one of the important exercise prescription factors for adjustment of exercise loads and prevention of injury etc. in the field of physical training and health promotion. It has been reported that changes in jump tempo affect the RJ-index of continuous rebound jumps. However, this report did not specify that the contact time be reduced. In the continuous rebound jump, the contact time and the jump height are independent factors. Therefore, the jump height does not increase even if the contact time is shortened. However, for jumps with a specified tempo, if the landing time is shortened, the jump height must be increased, so that the RJ-index is expected to increase.

**Purpose:** By clarifying the relationship between the jump tempo and RJ-index, the effect of changing the jump tempo and shortening the contact time on the RJ-index of the continuous rebound jump was examined.

**Methods:** Thirty male students performed 12 rebound jumps, including 2 preliminary jumps. Their jump cycles varied between 70 and 180 bpm. The measurements of the most stable jump cycles from five consecutive jumps were averaged and the relationship with jumping tempo was analyzed.

**Results:** RJ-index was the peak at the jump cycle of 86-93 bpm and decreased when jump cycles diverged from 86-93 bpm.

**Conclusion:** In this study, the maximum value of RJ-index was expressed at 86-93bpm. In addition, this tempo was the same as the result of previous research where the contact time was not specified as short as possible. The maximum value of RJ-index was about 1.7 times that of the previous research, suggesting that a shorter contact time may lead to an improvement in RJ-index.

Key words : jump cycle, rebound jump, RJ-index

キーワード : 跳躍テンポ, リバウンドジャンプ, RJ-index

---

1) 八戸工業高等専門学校 総合科学教育科  
〒039-1192 青森県八戸市田面木字上野平 16-1

2) 岩手県立短期大学部 生活科学科  
〒020-0693 岩手県滝沢市巣子 152-52

3) 東北女子大学 児童学科  
〒036-8530 青森県弘前市清原 1-1-16

## 1. 緒言

下肢筋群の伸張-短縮サイクル (stretch-shortening cycle : SSC) を利用した、なわとび運動や連続リバウンドジャンプ、ホッピングなどのジャンプトレーニングは、跳躍テンポを変化させることで、エネルギー消費量 (榎木ほか, 1973 ; Jette et al., 1979 ; 黒田ほか, 1990 ; 丹羽ほか, 1960 ; 小川ほか, 1974 ; Quirk et al., 1982 ; Town et al., 1980 ; 山本ほか, 1978), 運動強度 (Myles et al., 1981), 地面反力 (山口ほか, 2000), SSC 運動 (山口ほか, 2002), トレーニング効果 (Jones et al., 1962) などに違いがでることが報告されている。また、跳躍テンポの変化が連続リバウンドジャンプのリバウンドジャンプ指数 (関子ほか, 1993) にどのように影響するかの検討も行われており、川端ほか (2019) は男子高校生を対象に跳躍テンポを規定した 6 種類 (70 – 180 bpm) の連続リバウンドジャンプにおける跳躍テンポとリバウンドジャンプ指数 (以下 RJ-index とする) の関係を示し、RJ-index は 80 – 93 bpm で最大値を示したと報告している。しかし、本来、SSC を伴う連続リバウンドジャンプは伸張反射 (Aura et al., 1986) や腱の弾性エネルギー (Thys et al., 1975) をうまく利用するため、接地時間を短く規定するが、上述した研究では接地時間が短くなるように規定していなかった。また、通常のリバウンドジャンプでは接地時間と跳躍高は独立した要素であり (関子ほか, 1995), 接地時間を短くしても跳躍高は高くないが、テンポを規定したジャンプでは接地時間を短くすれば、跳躍高を高くする必要があるため、RJ-index も大きくなることが予想される。

そのため、本研究では、被験者に跳躍テンポ及び接地時間ができるだけ短くなるように規定した 8 種類 (70 – 180 bpm) 及び最大努力の連続リバウンドジャンプを行わせ、動作中の接地時間、跳躍高、RJ-index を算出し、跳躍テンポとこれらの値の関係を明確にすることで、跳躍テンポの変化及び接地時間を短く規定することが、連続リバウンドジャンプの構成要素に及ぼす影響について検討した。

## 2. 方法

### 2.1 被験者

本研究の被験者は、八戸工業高等専門学校に在籍する男子学生 30 名 (年齢  $16.6 \pm 0.5$  歳, 身長  $170.5 \pm 5.3$ cm, 体重  $63.9 \pm 11.0$ kg) である。また、八戸工業高等専門学校倫理審査委員会の承認を得た上で、規定に基づき事前に十分な説明を研究対象者に対して行い、書面にて参加の同意を得て実施した。

### 2.2 実験の手順と撮影方法

被験者にはテンポを規定した 8 種類の連続リバウンドジャンプをテンポの早い順番から各 12 回、最大努力は 7 回のジャンプを 2 度行わせた。本研究では、連続リバウンドジャンプを行うとき、被験者に腰に手を当て、腕の振り込み動作を用いないように指示した。また、実験場所は体育館を使用し、

## 跳躍テンポの変化が連続リバウンドジャンプの構成要素に及ぼす影響

被験者のケガや疲労等を考慮し、十分なウォーミングアップの後、1日に跳躍テンポが違う2種類のリバウンドジャンプを行わせた。

### 2.2.2 跳躍テンポの設定

実験ではメトロノーム (SEIKO 社製, SQ200) を使用した。なお、跳躍テンポは川端ほか (2019) を参考に、8種類のテンポ (180, 137, 111, 101, 93, 86, 80, 70 bpm) を設定した。

### 2.2.3 撮影方法

撮影条件は以下の通りである。跳躍テンポを規定したリバウンドジャンプの様子を被験者側方 15 m の地点からハイスピードカメラ (CASIO 社製, EX-FH25, 露出時間 1/320 秒, 撮影速度 240 fps) を設置し、被験者の足元を撮影した (図 1)。

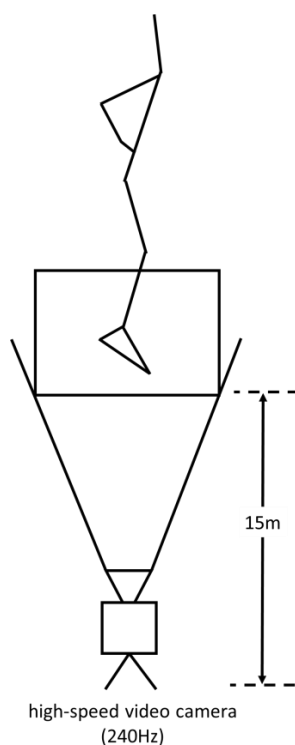


図 1. 実験機器の設定

## 2.3 解析の手順

撮影動画から接地及び離地の瞬間を読み取ることによって、接地時間と滞空時間を算出し、跳躍高、RJ-index、及び、跳躍時間を算出した。また、跳躍高及び RJ-index、跳躍時間は以下の式から算出した。

$$\text{跳躍高}(L) = gT_a^2 / 8 \quad \dots \dots (1)$$

$$\text{RJ-index} = L / T_c \quad \dots \dots (2)$$

$$\text{跳躍時間} = T_a + T_c \quad \dots \dots (3)$$

L：跳躍高，g：重力加速度，T<sub>a</sub>：滞空時間，T<sub>c</sub>：接地時間

また、本研究におけるリズムを規定したリバウンドジャンプの解析は最初の2回を除き、連続する5回のジャンプにおける跳躍時間の平均が設定したテンポに最も近いジャンプ、また、最大努力におけるリバウンドジャンプは最初の2回を除く、5回のジャンプを分析の対象とし、これらの接地時間、跳躍高、RJ-indexの平均値を各被験者の結果とした。

## 2.4 統計処理

各測定項目の値はそれぞれ平均値、標準偏差を算出した。また、跳躍テンポの速さ及び最大努力における被験者の接地時間、跳躍高、RJ-indexの違いを検討するため、1要因の反復測定分散分析を行い、事後検定はBonferroniの方法を用いた。なお、統計解析にはSPSS version 25を使用し、有意水準は危険率を5%未満とした。

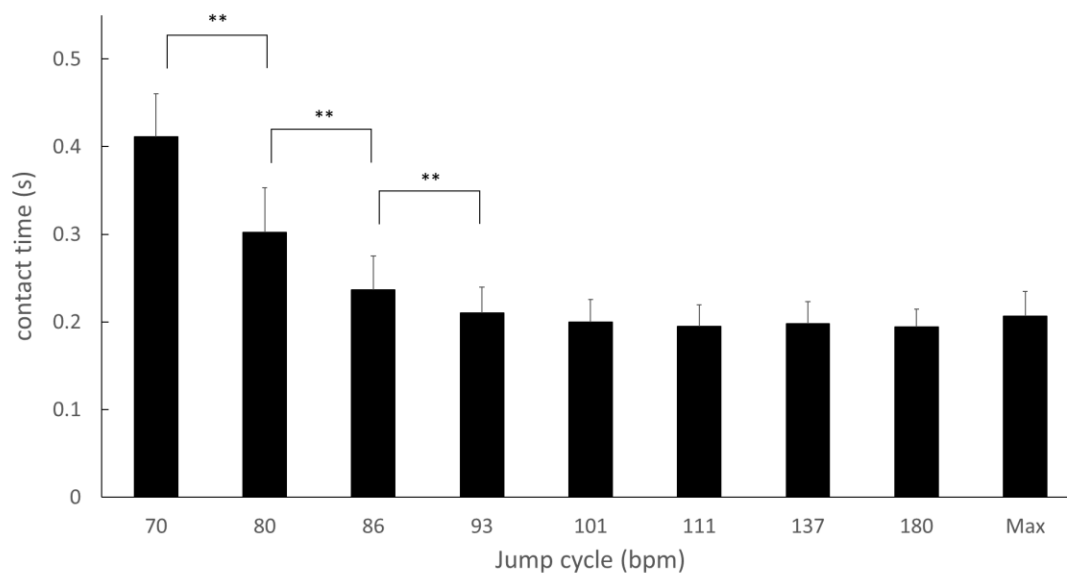
## 3. 結果

表1は実際に被験者が遂行した跳躍テンポ、図2-4には接地時間、跳躍高、RJ-indexとの関係を示した。接地時間は70-93 bpmにおいて全てのテンポ間で有意差が認められており、テンポが速くなるとともに短くなった。しかし、93-180 bpmの間では差が見られなかった(図2)。また、70-86 bpmの間では最大努力との有意差(p<0.01)が見られた。跳躍高は70-86 bpm間以外の全てのテンポで有意差が認められているため、70-86 bpmで最大値が発現し、それ以降は漸次低くなった(図3)。また、全ての跳躍テンポと最大努力の間に有意差がみられた(p<0.01)。RJ-indexは86-93 bpmの間以外の全てのテンポ間で有意差が認められているため、86-93 bpmで最大値が発現し、それ以降は漸次低くなった(図4)。また、跳躍高と同様に、全ての跳躍テンポと最大努力の間に有意差がみ

られた ( $p < 0.01$ ) .

表 1. 被験者が実際に遂行した跳躍テンポ

( n = 30 )	jump cycle (bpm)		
	Mean	±	SD
70bpm	70.26	±	0.81
80bpm	80.40	±	0.93
86bpm	86.24	±	1.06
93bpm	92.64	±	1.55
101bpm	100.99	±	1.13
111bpm	111.13	±	1.14
137bpm	137.57	±	1.60
180bpm	180.52	±	3.71
Maximum	88.43	±	4.24



\*\* :  $p < 0.01$  , \* :  $p < 0.05$

図 2. 跳躍テンポと接地時間の関係

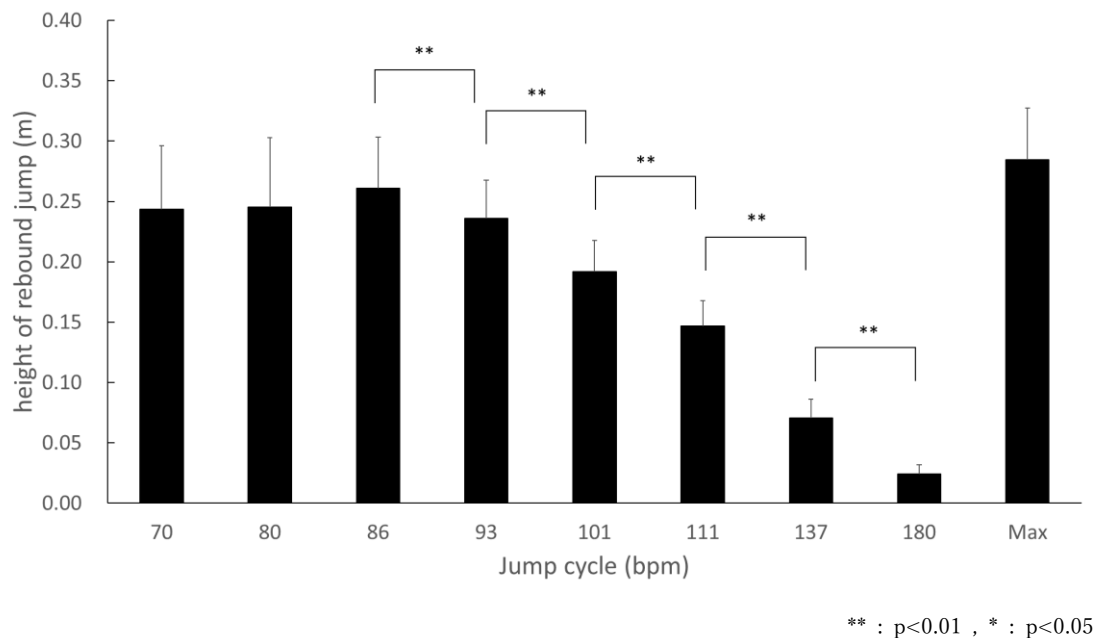


図3. 跳躍テンポと跳躍高の関係

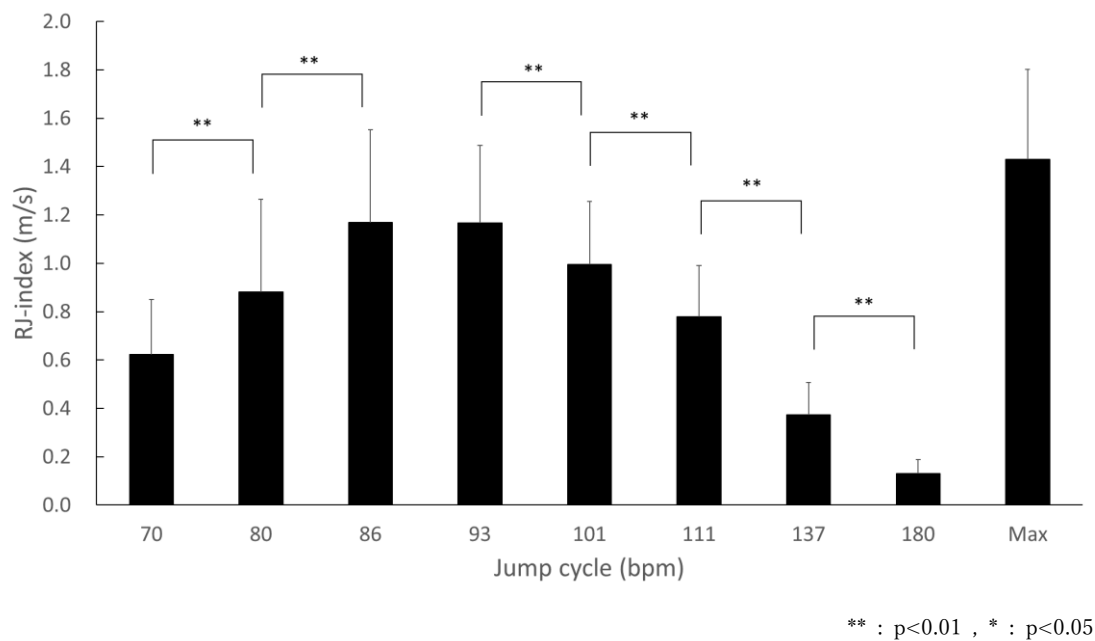


図4. 跳躍テンポと RJ-index の関係

#### 4. 考 察

本研究では、被験者に8種類(70 - 180 bpm)の跳躍テンポに規定した連続リバウンドジャンプ及び最大努力の連続リバウンドジャンプをできるだけ接地時間が短くなるように行わせ、この動作中の接地時間、跳躍高、RJ-indexを算出した。

新井ほか(2017)は女子大学生115名を対象に6種類のリズム(60 - 110 bpm)において本研究と同様の運動課題を行わせたところ、跳躍テンポが速くなるにつれ、接地時間も短くなることを報告している。本研究においても70 - 101 bpmの間では同様の結果となったため、性差に関係なく101 bpm前後より遅いテンポでは跳躍テンポが速くなるにつれ、接地時間が短くなると考えられる。また、川端ほか(2019)は111 bpmより速いテンポにおいても跳躍テンポが速くなるにつれ、接地時間が短くなると報告している。一方、本研究では93 - 180 bpmの間では接地時間に統計差は見られなかった。そのため、93 bpm前後より速い跳躍テンポは接地時間をできるだけ短くなるように規定することで、接地時間を短時間に維持できると考えられる。さらに、川端ほか(2019)は6種類の跳躍テンポに規定した連続リバウンドジャンプにおけるRJ-indexを測定したところ80 - 93 bpmにおいて最大値が得られたと報告している。なお、本研究におけるRJ-indexの最大値も86 - 93 bpmにおいて出現したため、連続リバウンドジャンプにおいては接地時間の規定がRJ-indexの最大値となる跳躍テンポに影響しない可能性が示唆された。Miyaguchi et al. (2014)は男子大学生76名の縄跳び運動を分析対象として、1回旋1回跳び、2回旋1回跳びのRJ-indexを測定した。その結果、最大努力のリバウンドジャンプのRJ-indexに対する1回旋1回跳びの割合は30%、2回旋1回跳びは68%と報告している。本研究の最大努力のリバウンドジャンプのRJ-indexに対する86 - 93 bpmの割合は82%とSSC能力の使用率も縄跳び運動と比べて高い結果となった。また、川端ほか(2019)が報告したRJ-indexの最大値が約0.7に対し、本研究の結果は約1.2となったため、RJ-indexは先の報告の約1.7倍となった。そのため、テンポを規定した連続リバウンドジャンプにおいて接地時間を短く規定することはRJ-indexの増加に繋がる可能性も示唆された。

また、本研究では86 bpmより遅い跳躍テンポでは跳躍高に変化はないが、接地時間は長くなる傾向がみられたため、被験者は接地時間を長くすることで跳躍テンポを調整していると考えられる。そのため、86 bpmより遅い跳躍テンポと93 bpmより速いテンポでは跳躍動作が異なる可能性が示唆された。これを明確にするためには動作分析及び力学的分析を行う必要があり、今後、跳躍テンポの変化が連続リバウンドジャンプの構成要素に及ぼす影響は接地時間・跳躍高・RJ-indexだけではなく多面的に検討する必要性が示唆された。

## 5. 結論・今後の課題

本研究では、接地時間及び跳躍テンポを規定した8種類（70 - 180 bpm）の連続リバウンドジャンプにおける、接地時間、跳躍高、RJ-indexを算出し、跳躍テンポとこれらの値の関係を明確にすることで、跳躍テンポの変化と接地時間を短く規定することが、連続リバウンドジャンプの構成要素に及ぼす影響について検討した。その結果、70 - 93 bpm においては跳躍テンポが速くなるにつれて接地時間が短くなったが、101 - 180 bpm においては接地時間に変化がなかった。跳躍高は70 - 86 bpm で最大値を示し、跳躍テンポが速くなるにつれて低くなった。また、RJ-index においては86 - 93 bpm において最大値（最大努力の82%）が発現した。跳躍テンポと接地時間を規定した連続リバウンドジャンプにおけるRJ-indexは跳躍テンポのみを規定した連続リバウンドジャンプと比べおよそ1.7倍となった。そのため、跳躍テンポを規定した連続リバウンドジャンプにおいて接地時間を短く規定することはRJ-indexの増加に繋がる可能性も示唆された。

## 参考文献

- 新井彩・坂本明日香・坂本志穂・中井聖（2017）リズム統制した連続リバウンドジャンプを用いたSSC運動能力の評価。健康運動科学, 7(1): 1-7.
- 榎木繁男・渡部和彦・山地啓司・手塚政孝（1973）なわとびの運動効果。体育の科学, 23(6): 396-401.
- H Thys, GA Cavagna, R Margaria (1975) The role played by elasticity in an exercise involving movements of small amplitude. Pflügers Archiv, 354: 281-286.
- Jette, M. Mongeon, J., Routhier, R. (1979) The energy cost of rope skipping. Journal of Sports Medicine Physical Fitness. 19: 33-37.
- Jones, D. M., Squires, C., Rodahl, K. (1962) Effect of rope skipping on physical work capacity. Res. Quart, 33(2), 66-73.
- 川端良介・相馬優樹・大島義晴（2019）跳躍テンポの変化がリバウンドジャンプに与える影響：連続ジャンプ運動における接地時間・跳躍高・RJ-indexの視点から。東北体育・スポーツ学会誌, 1: 1-8.
- 黒田浩・小原繁・荒木秀夫・石原昭彦・松井敦典・三浦武・中村久子・佐竹昌之（1990）連続跳躍運動（その場跳躍）における跳躍頻度と酸素摂取量の関係（その2）, Journal of Health and Physical Education, University of Tokushima, 23: 1-9.



Miyaguchi K, Sugiura H, Demura S. (2014) Possibility of Stretch-Shortening Cycle Movement Training Using a Jump Rope. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 28(3): 700-705.

Myles, W. S., Dick, M. R., and Jantti, R. (1981) Heart Rate and Rope Skipping Intensity. *Research Quarterly for Exercise and Sports*. 52(1): 76-79.

丹羽正・家治川豊・和久田賢夫 (1960) 各種スポーツの部分的動作に要するエネルギー消費について. *体力科学*, 9(2): 57-64.

O. Aura, P. V. Komi (1986) Effects of Prestretch Intensity on Mechanical Efficiency of Positive Work and on Elastic Behavior of Skeletal Muscle in Stretch-Shortening Cycle Exercise. *Int J Sports Med*, 7(3), 137-143.

小川新吉・古田善伯・小原繁・小原達朗・大谷和寿・徳山薫平・古屋三郎 (1974) 縄跳び運動のエネルギー代謝について. *体力科学*, 23: 89-95.

Quirk, J. E., Sinning, W. E. (1982) Anaerobic and aerobic responses of males and females to rope skipping. *American College of Sports Medicine*, 14(1): 26-29.

Town, G. P., Sol, N., Sinning, W. E. (1980) The effect of rope skipping rate on energy expenditure of males and females. *Med Sci Sports Exerc*, 12: 295-298.

山口英峰・山元健太・宮川健・宮地元彦・小野寺昇 (2000) なわとびにおける跳躍周期の違いが床反力に及ぼす影響. *川崎医療福祉学会誌*, 10(2): 329-333.

山口英峰・山元健太・枝松千尋・早田剛・宮川健・小野寺昇 (2002) なわとびにおける跳躍周期の差異がヒト下腿三頭筋の筋、腱-弾性系に及ぼす影響. *体力科学*, 51: 185-192.

山本博男・平下政美 (1978) 跳躍ペースからみた縄跳び運動. *北陸体育学会紀要*, 18: 35-41.

図子浩二・高松薫・古藤高良 (1993) 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. *体育学研究*, 38, 265-278.

図子浩二・高松薫 (1995) バリステイックな伸張-短縮サイクル運動の遂行能力を決定する要因－筋力および瞬発力に着目して－. *体力科学*, 44: 147-154.

(2019年10月2日受付 / 2020年3月8日受理)