

C-1-2

ボールルームダンスにおけるサンバ・バウンスの解析

Analysis of Samba Bounce in Latin American Dancing

○正 塩谷 義^{*1}

Tadashi SHIOYA^{*1},

^{*1} 東京大学 The University of Tokyo

Samba Bounce is analysed in the mechanical point of view. There have been confusion and misunderstanding among the dance teachers as they explain the bounce action designating the height of the body and the force in relation to the music timing. Bounce action has been explained in the syllabus using special terms such as “minimal weight”, “part weight”, “without weight but with pressure” and other terms. These confusions and somewhat ambiguous terms in the scientific sense are clearly resolved by the present mechanical analysis and interpreted with newly introduced concept of “static weight” and “dynamic weight”. In the presentation, the bounce movement is expressed as a simple harmonic vertical motion. The height position, vertical velocity and acceleration of dancer’s body are shown with the forces between the floor and each foot. The difference between dancer’s feeling and observer’s feeling is also explained. figures.

Key Words : Ballroom Dancing, Latin American Dancing, Music Timing, Static Weight, Dynamic Weight, Swing, Part Weight, Minimal Weight.

1. 結 言

サンバ (Samba) はブラジルの代表的な民族ダンスであり、Rio de Janeiro の Carnival で知られる世界的に有名な Dance である。しかし、国際標準のラテンアメリカダンス (International style of Latin American dances) に取り入れられている Samba は音楽、踊りともブラジルの Original の Samba からは多少 Modify されたかたちに整備されている。そして、Ballroom Dance Party や競技会などにおける標準の Latin American Dances 5 種目中の一つとなっている。本報で扱う Samba は、後者の International style の Samba である。International の Samba は代表的な 2 大ダンス教師協会 ISTD および IDTA により、動作の記述が詳しく記述されている。本報においては、主として ISTD による Syllabus を基準とする。ISTD による Syllabus は大きな改定が行われたため、旧 Syllabus (ISTD, 1983) と新 Syllabus (ISTD, 2000) の比較も行い、また、Laird による IDTA の Syllabus (Laird, 2014) の記述にも触れる。

International style の Samba dance を特徴づける動作として弾むような上下運動があり、バウンス (Bounce) と称される。Samba の音楽は 1 小節に 2 拍 (2/4 拍子) で、それぞれの拍 (Beat) は S (Slow) で表される。半拍は Q (Quick) または & で表記され、そのさらに半分すなわち 1/4 拍は “a” で表されることになっている。原則として、カウント “a” (beat value 1/4) を含むステップ、例えば、S a S のカウント (Beat Value: 3/4, 1/4, 1) の Bota Fogo や Samba Walk, あるいは S a S a S a S のカウント (Beat Value: 3/4, 1/4, 3/4, 1/4, 3/4, 1/4, 1) の Volta など、には Samba Bounce が伴う。

International Style の Samba Dance の身体の変現においては、Bounce が重要であり、従来からいろいろな説明がなされてきたが、必ずしも合理的でなく、また、指導者や Dancer の間でも混乱もみられている。本報においては、身体の変動を力学的に整理し、外見による運動と、Dancer の感覚の差の原因などを明らかにする。

Bounce 運動の説明に当たっては、足の動作などの記述が多いが、本報の解析にあたっては、Dancer の重心位置の運動に着目して行なう。Samba Dance においては、基本的に Couple が Close Contact (密着) して踊ることは少ないから、重心の運動とは Couple としての重心に対してではなく、男女 Dancer それぞれの身体の変現に対してということになる。Bounce Movement に関しては体重移動が重要であり、Syllabus においても詳しく説明されている。Without weight but with pressure という感覚ではあるが力学的には説明不能の変現もある。また、部分的な負

荷に関し Part weight, Minimal weight の用語も用いられている。これらに関し, ” Weight” の定義をはっきりさせて力学的な説明を行なう。

2. Samba Bounce の記述

2・1 Samba の Bounce action と Swing Dance における Rise and Fall の比較

Bounce は Samba 音楽に特徴的な生き生きとした rhythm に合わせて身体各部の伸縮を行うことにより生まれる (ISTD, 2000)。一方, Swing Dance (Waltz, Foxtrot, Quickstep など) (ISTD, 1944) における上下運動 Rise and Fall は振り子運動 (Pendulum movement) と表現され, 上下運動が水平方向運動と match して Smooth な Dancer の運動の流れを作り出している (塩谷, 2016, Shioya, 2018a)。Samba Bounce は, Swing Dance における Rise and Fall とは若干異なるようにみなされている。感覚的には, Rise and Fall が飛行機の離着陸のような滑らかな上下動であるのに対し, Bounce は, ボールが弾むような運動である, と表現される。この区別をもうすこし厳密に以下に力学的に解析してみる。ボールの弾みはボールがフロアを離れ空中にある間はボールの重心の運動は放物体運動とみなされる。ボールがフロアに接触し反発して離れるまでの間は, ボールの重心の運動はボールの弾性変形によるものであり, 自然振動 (ばね振動) の運動とみなされる。重心の上下位置を縦軸にとり, 時間軸を横軸にとって無次元化して比較すると図 1 となる。

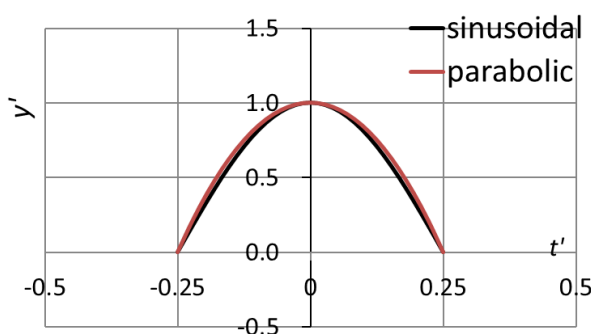


Figure 1. Comparison of Sinusoidal Shape and Parabolic Shape

硬いボールが大きく弾むときは放物線運動の部分がほとんどであるが, 柔らかいボールがほとんどフロアから離れずクッションのようにふわふわしているときは, 自然振動の運動が主となる。放物線運動と自然振動 (正弦振動) の運動は, 上下運動の位置としては, かなり似ており, しばしば近似に用いられるので, 両者は外見からはあまり変わらないように思える。(図 1)。ただし, これは, 上下の位置に関しての見方であり, 速度や加速度は後述するように異なっている。サンバにおけるバウンスは, ほとんどフロアから離れないから, 柔らかいボールがフロアから離れずにその場にいるときに近いであろう。すなわち, 自然振動 (時間に対して正弦運動) とみなしてよいだろう。一方, Swing Dance における Rise and Fall も足, 脚, 身体を一種のばねのように使い, 重力と組み合わるので上下の運動を時間に対して表示すれば, Bounce 運動と大きな違いはないともいえる。一方, 水平方向運動に関しては Swing Dance においては, 身体の重心の高い位置 (Up) では水平速度は遅く, 高い位置から低い位置への移動する (Lower) と水平速度が増すという, いわゆる Potential energy と Kinetic energy の関係で説明される。(塩谷, 2016, Shioya, 2018a)。また, 水平運動の制御には Sway (塩谷, 2017, Shioya, 2018b) や Floor との滑り摩擦が作用している (塩谷, 2020)。また Couple が一体となった回転技術が多く用いられている。(塩谷, 2018, 2019)。これに対し Samba bounce においては, 重心の低い時点で, 水平方向の運動成分が大きくなることはなく, むしろ, 抑えた運動になることが多い。高い位置での Potential energy は身体内部の筋肉への負荷による Energy に置き換えられると考えられる。すなわち, Swing dance の Rise and Fall と Samba bounce の違いは水平方向運動成分の違いということになる。

2・2 Bounce Action と Music Timing

前述のように Samba の音楽を 2/4 拍子として、Dance においては 1 小節内のそれぞれの拍を、“1” (One), “2” (Two), または, S (Slow), S(Slow)と Count することになっている。またこれらの Count は、拍の先頭**時点**を意味する場合と、次の Count までの**時間長さ**を意味する場合がある。Bounce Action の基本は、1 小節に 2 回の上下運動として行われる。すなわち、音楽の 1 拍の長さが 1 周期である。しかし、1 拍のうちのどの Timing (時点) が山 (重心が高い the highest peak) か、どの Timing が谷 (重心が低い the bottom peak) か、については様々な議論がなされてきた。ある指導者は、Count の “1” (の初め), または “2” (の初め) が重心の最も高い時点に対応する、と説明し、また、別の指導者は、逆に、“1” (の初め), または “2” (の初め) は最も低く踏み込む時点としている。また、さらに、3/4 拍目の 1/4 拍 “a” が peak であると言う人もいる。

本解析においては Dancer の動きを身体の重心の動きで表す。重心の高さ位置 y と時刻 t を (半) 振幅 A と周期 T (1 拍の時間長さ) で無次元化する。

$$\begin{aligned}y' &= \frac{y - y_0}{A} \\t' &= \frac{t}{T}\end{aligned}\tag{1}$$

y_0 は 重心の中心高さである。周期 T は Samba の音楽速度 (Tempo) を 50 bpm (bars per minute) とすれば、

$$T = 60 / (50 \times 2) = 0.6 \text{ second}.\tag{2}$$

時間に関して調和関数 (三角関数) とすれば、無次元の位置、速度、加速度は

$$\begin{aligned}y'(t') &= \cos(2\pi t') \\ \frac{dy'}{dt'} &= -2\pi \sin(2\pi t') \\ \frac{d^2y'}{dt'^2} &= -(2\pi)^2 \cos(2\pi t')\end{aligned}\tag{3}$$

となり、時間の原点を第 1 拍の初めとすれば、図 2 で表される。位置の最高 peak 点 $y' = 1$ は Count では “0”, “1”, “2” となる。Samba の Figure (名称のついた踊りの一区切りの単位) の説明にあたっての Count の数え方は通常小節内の 1 拍目で one として始める。Count “0” はその前の小節の 2 拍目という意味である。位置の最低 peak 点 $y' = -1$ は、拍と拍の間中点であり count では “&” で表される。一方 1/4 beat のカウント “a” は main beat の先頭から 3/4 の時点であり、重心高さは、振幅の中心高さ neutral $y' = 0$ (平均高さ) となる。

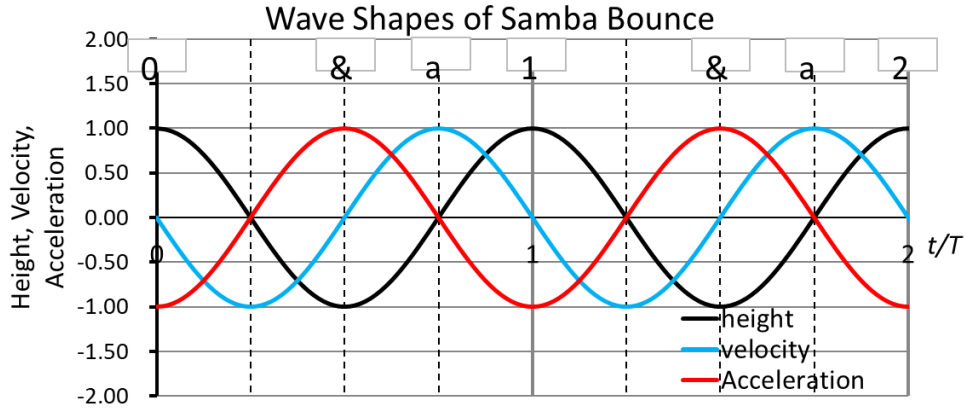


Figure 2. Vertical movement of centre of gravity of dancer with time and Samba counts. (Non-dimensional expression)

加速度の波形は位置の波形と上下逆となり（位相差 π ），速度の波形は，位相差 $\pi/2$ となる．したがって，位置そのものに関しては，主拍”0”，”1”，”2”（の初め）が最も高いPeakである．これは，客観的な観点，すなわち，Dancerの動きを見ている観客や審査員の感ずる高さである．一方，Dancer自身が自分の身体全体で感じるのは，位置や速度ではなくは慣性力である．したがって，加速度を感じて上下動を意識していることになる．また，視覚が影響すると，速度で上下動を感じることも考えられる．このような上下動の感じ方は，外が見えないエレベーターに乗っている人が感じる上昇・下降と外部から観察する実際の上昇・下降の関係と類似しているともいえる．

下向きの加速度には重力の加速度 g が加わり，身体の質量 m をかけた力は，両足にFloorから受ける力と釣り合っている．最小の加速度は

$$\left(\frac{d^2 y}{dt^2}\right)_{\max} = -(2\pi)^2 \frac{A}{T^2} \quad (4)$$

であり，Countの”0”，”1”，”2”で，高さ位置としては山の頂点である．この値が重力の加速度 g と釣り合うときが許容限度振幅 A_{crit} となる．

$$A_{\text{crit}} = \left(\frac{T}{2\pi}\right)^2 g \quad (5)$$

この限度を超える場合は，両足がFloorから離れることになる．周期 T を $T=0.6\text{s}$ とすれば，最大（半）振幅は $A_{\text{crit}} \approx 0.09\text{m}$ （メートル），すなわち最大の高さ（全）振幅は 0.18m となる．これはDancerの身長，体重，筋力に依らない高さである．調和振動を仮定したこのSamba Bounceは以下の単純なmass-spring modelの式で示される．

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} - mg + k(y - y_0) = 0 \quad (6)$$

ここで k はspring constantであり，

$$k = m \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \quad (7)$$

と表される。Spring constant が身体の剛性を代表すると考えれば、Bounce に対応するには、必要な筋肉の力は、音楽速度の二乗に依ることになる。

2・3 Bounce の種類と Weight の解釈

以前の ISTD の syllabus (ISTD, 1983) においては、Bounce は以下の 5 Class に分類されていた。

1. Basic Bounce: 基本的な Bounce であり 1 歩で行なわれる。
2. Alternative Basic Bounce: 体重の上下動は上記と同様であるが、足の踏みかえが行われる。
3. slight Basic Bounce: 上下動の少ない Figure で行われる。
4. very slight Alternative Basic Bounce: 上下動がほとんどない Figure で行なわれる。
5. No Bounce: 上下動が全くない Figure で行なわれる。

その後、ISTD (ISTD, 2000) では Class 分けを単純化し

Bounce action: 上記 1. 2. に対応

very slight Bounce action: 上記 3. 4. に対応

No bounce: 上記 5. に対応

と整理している。これら、slight とか very slight などは、力学的には垂直方向の動き（変位振幅）の大きさを表しているものとみなせる。

Bounce におけるそれぞれの足にかかる Weight のかけ方について考察する。ISTD の旧 syllabus (ISTD, 1983) においては、Basic Bounce においては、“with pressure, without weight” という用語が使われ、他の多くの Bounce を伴う Figure においては、“part weight” の用語が用いられていた。“part weight” の説明としては、The step is taken on to the ball of the stepping foot with the weight held over the supporting foot. としている。新しい syllabus の方では、“part weight”、および、“without weight but with pressure on ball of foot” のほかに、さらに、“minimal weight” なる用語を導入している。説明としては、“part weight” の場合は、weight は両足の中心にあるが、“minimal weight” の場合はその足の weight は半分以下である、としている。“Replace weight” という用語も新 Syllabus で使われ、“a step where foot pressure is momentarily released the floor before placing the step on the same spot” . と説明している。IDTA 発行の syllabus (Laird, W., 2014) においては、“part weight”、“replace full weight”、“weight transfer in place”、および、“weight change” の用語が正確な定義なしに用いられている。いずれにせよ、これらの用語は感覚的な表現であり、力学的には、もう少し明確な定義が必要と考える。

Bounce における weight change を解析するには、まず、“weight” の定義をはっきりさせる必要がある。本研究においては、“static weight” と “dynamic weight” の概念を導入して定義する。“Static weight” は静的に測定した Dancer の体重すなわち [質量] × [重力加速度] mg で表記され、一定である。これに対して “Dynamic weight” とは Floor から Dancer の両足を通じて受ける力の合計である。Dynamic weight” は、刻々変化する量であり、

$$mg - m \frac{d^2 y}{dt^2} \quad (8)$$

と表される。ISTD 新 Syllabus (ISTD, 2000) における “part weight” の weight とは、両足の中間の意であるので “dynamic weight” と解釈される。一方、“minimal weight” に関しては、別の考察が必要である。“replace weight” の過程において、他方の足の負荷が release されるのであるから、その時点では “dynamic weight” としては、Stepping foot は “full weight” である。したがって “minimal weight” が半分以下の weight であるとするならば、“dynamic weight” ではあり得ないことになる。半分以下の weight である可能性としては、static weight” と解釈せざるを得ないことになる。このように、“part weight” と “minimal weight” における “weight” の意味が異なるのであるから、“minimal weight” が “part weight” より小さいと説明するのは感覚的であり、力学的には正しくないことになる。

以上の議論を踏まえ、各歩にかかる真の weight を具体的に力学解析する。

2・4 Natural Basic Movement Type の Bounce の解析

上述の議論を踏まえて各 Bounce の解析を行なう。最も基本の Natural Basic Movement における Bounce Action は ISTD の新 syllabus (ISTD, 2000) に基づくと以下に示される。（旧 syllabus では

Alternative Basic Bounce に相当する.) Bounce Action は前の拍 (本解析においては Count“0”) の後半 1/2 拍から開始が行われる. 両足揃え膝を若干緩めた (flexed) 状態, Count “&”(and)から, 1/4 拍後 (計 3/4 拍) の Count “a”で両膝を伸ばし始める.

Count “1” With pressure through ball of LF move RF forward on ball of foot, continuing to straighten knees

Count “&” Take weight on to RF lowering heel and slightly flexing knees

Count “a” Commencing to straighten knees, close LF to RF **without weight but with pressure** on ball of foot

Count “2” Take **minimal weight** to LF and replace weight to RF on ball of foot, continuing to straighten knees

Count “&” Lower right heel, slightly flexing knees

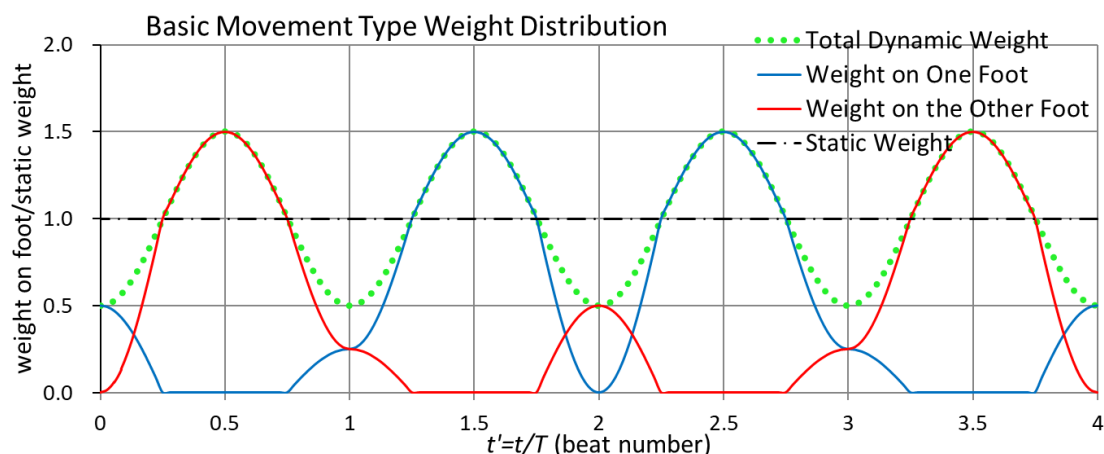


Figure 3. Weight Change with time on Each Foot in Basic Movement Type Bounce

この Type の Bounce は Samba Dance において最も多くみられ, 代表的な動作としては Bota Fogo が挙げられる. 各歩の Dynamic Weight を “Static Weight” (Dancer の静的体重 mg) で基準化 (無次元化) して図 3 に表示する. 重心移動における関数は smooth な動きを表現するため全て調和関数を用いている. 足を step することにより (踏みかえなどではなく) 片方の足から他方の足への体重移動をするのは count “1” と “3” である. Count 1” では左足→右足, Count 3” では右足→左足である. ISTD 用語の “minimal weight” が使われるのは count “2” と “4” において行われる. count “2” では左足 minimal weight で右足に踏みかえ

(Replace weight), Count “4” では右足 minimal weight “で左足に踏みかえである. この時点では, “the pressure on the other foot (踏みかえる足, minimal weight でない方の足) must momentarily be released” とあるので minimal weight といっても全 (Total) Dynamic Weight である. ISTD syllabus では, “Minimal weight” は半分以下の “weight” と説明しているのであるから, この場合の半分以下の “weight” とは, 半分以下の “Static weight” と解釈せざるを得ない. 図 3 においては “Minimal weight” の Peak 値を “Static weight” の 1/2 としている. もし, 踏みかえ (replace) の動作において軸足に若干の残留応力 (residual stress) があるとすれば (Floor から足を離さないで踏みかえる場合には), “minimal weight” の peak 値は 1/2 より小さくすることも可能である.

2・5 Volta Type の Bounce の解析

Volta Type の Figure は S a S a S a . . . (Beat value: 3/4, 1/4, 3.4, 1/4, 3/4 . . .) であり, 多く用いられている Count は 1 a 2 a 3 a . . . である. ISTD の新 Syllabus (ISTD, 2000) による Volta Movement の記述は以下のように記されている (右足開始の場合)

Count “1” RF in front of LF (Cuban Cross),

Count “a” LF to side and slightly back **without weight**, toe turned out (**Pressure** on inside edge of toe)

Count “2” Take **part weight** to LF and draw RF in front of LF (Cuban Cross)

Repeat above “a” and “2” actions.

ここで Cuban Cross とは、交差する足が Toe を外向きにして、前足の Heel と後ろ足の Toe がほぼ向かい合いにする交差の位置、方法を意味するが、本報の解析には直接関係しない。

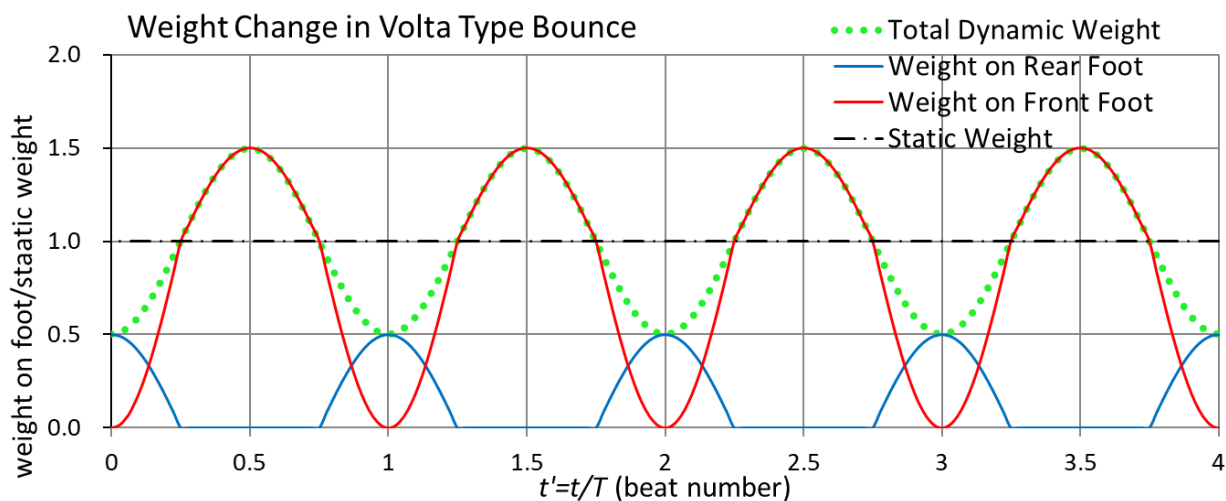


Figure 4. Weight Change with time on Each Foot in Volta Movement Type Bounce

Volta Type の Bounce は ISTD では “minimal weight” の語は用いず，“part weight” の用語を使っている。これは、Count “2” で Replace の動作を伴わずに、引き寄せる（移動する）動作を表現していると解釈できる。Part weight”は両足の間 weight がある、としているので、本解析においては、後ろ足の weight の peak を “Static Weight” の 1/2 とみなすことにする。この Type の Bounce も Dance において多くみられる。各歩の Dynamic Weight を Static Weight” で基準化（無次元化）して無次元時間に対して示したのが図 4 である。Front Foot の Weight の Profile に若干傾斜の不連続がみられるが、これは、Rear Foot が Floor に着地・離地する時点に対応している。

前に述べたように、Samba Bounce の特徴は垂直方向の動きと水平方向の動きの組み合わせにある。この Volta type の figure においては、踏みかえ “replace weight” の動作がなく、したがって水平方向の動きが比較的大きい。本解析においては、Travelling Volta と代表にとり、具体的解析をする。水平方向の長さ x は 1 拍の時間 T で移動する距離を基準として無次元化して x' とする。水平速度も一定でなく、調和関数で表される周期脈動が加わるとして x' は、

$$x' = t' + \frac{a_2}{2\pi} \sin(2\pi t') \quad 0 \leq a_2 \leq 1 \quad (9)$$

と表される。ここで a_2 は平均移動速度に対する加減速の程度を示す係数である。移動距離 x' と上下運動 y'

との関係を a_2 を parameter として図 5 に示す。

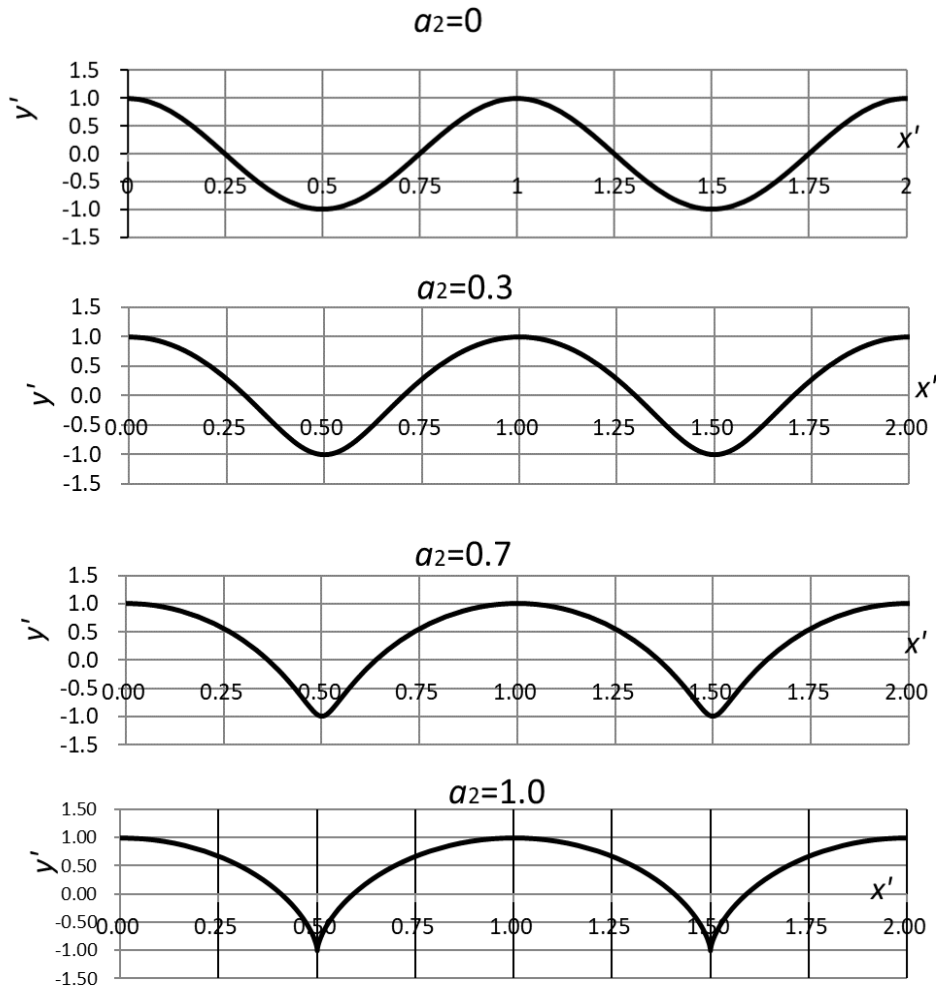


Figure 5. Volta type Samba Bounce along the travelling direction. Vertical movement is normalized by its amplitude. Horizontal movement is normalized by the travelling distance during one beat.

Parameter a_2 の程度は Dancer の選択による。もし、Dynamic な動きを好むのであれば、 a_2 は大きいし、より滑らかな動きを選択するのであれば、 a_2 は小さくとることになる。

2・6 Bounce のその他の Type

ISTD Syllabus 示されている Figure には、No bounce のもの、すなわち原則として、1 beat の S (Slow) count, 1/2 beat の Q (Quick) count や 1 2 3 (One Two Three) count のものがあり、また特殊な Bounce Type (Polka bounce) などもあるが、ここでは論じない。

7. 結 語

International style の Samba における Bounce の動作を力学的に解析した。上下の動きは Dancer の体感と外から見るひとの感じ方で異なることを説明した。体重移動に関し Syllabus に記されている Part weight, Minimal weight などの用語の適否を示した。具体例として Basic movement type と Volta type の Bounce を取り上げ Weight の変化を解析結果による Graph を用いて示した。

文 献

- (1) ISTD (The Imperial Society of Teachers of Dancing ed.), The Revised Technique of Latin American Dancing. Fifth edition enlarged (1983), pp.32–61.
- (2) ISTD (The Imperial Society of Teachers of Dancing ed.), “Latin American Samba”, 6th edition revised Part 4 Samba (2000), pp.1–148.
- (3) ISTD (The Imperial Society of Teachers of Dancing), “The ballroom technique”, 1st edition (1944), 10th edition (1982), pp. 1-134.
- (4) Laird, W., “The Laird Technique of Latin Dancing”, 7th edition (2014), pp.67–114.
- (5) SHIOYA, T., “Analysis of Swing Movement in Ballroom Dancing”, The International Sports Engineering Association Conference, ISEA 2018, Brisbane, Australia, 26 to 29 March 2018, MDPI-Proceedings Volume 2, ISEA 2018a, 2 (6), 224.
- (6) SHIOYA, T., “Analysis of Sway in Ballroom Dancing”, The International Sports Engineering Association Conference, ISEA 2018, Brisbane. Brisbane, Australia, 26 to 29 March 2018, MDPI-Proceedings Volume 2, ISEA 2018b, 2 (6), 223.
- (7) 塩谷義, “ボールルームダンスにおける身体の上下運動の解析”, 日本機械学会講演論文集 SHD No.16-40 (2016), C9.
- (8) 塩谷義, “ボールルームダンスおよびその他のスポーツにおける身体のスウェイの解析”, 日本機械学会講演論文集 SHD No.17-43 (2017), D1.
- (9) 塩谷義, “ボールルームダンスにおける左回転と右回転の比較の解析”, 日本機械学会講演論文集 SHD No.18-15 (2018), C21.
- (10) 塩谷義, “ボールルームダンスにおけるピボットターンおよび関連動作の解析”, 日本機械学会講演論文集 SHD No.19-306 (2019), C2.
- (11) 塩谷義, “ボールルームダンスにおける靴とフロアの摩擦モデル”, 日本機械学会講演論文集, SHD No.20-15 (2020), C2-1.