

C-2

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

Analysis of Pivot Turn and Related Movements in Ballroom Dancing

○正 塩谷 義^{*1}Tadashi SHIOYA^{*1}^{*1} 東京大学 The University of Tokyo

The Pivot turn in the ballroom dancing is analyzed in the mechanical point of view. The term ‘pivot’ that has been conventionally used in practical dancing is clearly defined as a mechanical movement of body in the ballroom. Natural Pivot Turn and Reverse Pivot are taken as examples. Related movements such as the Spin turn and the Pivoting action are also discussed. The movement in Pivot turn is examined precisely and classified into stages. The translational and rotational movements of the Pivots are analysed evaluating the inertia forces in the direction towards the partner during the turn which has often been referred as centrifugal force among dancers. The difference of Pivot turn from the ordinary Natural Turn or Reverse Turn is cleared. The limitation or the range of Pivot is shown in the analysis.

Key Words : Ballroom, Pivot Turn, Spin Turn, Natural Pivot, Reverse Pivot, Pivoting action, Inertia Force, Hold

1. 緒 言

ダンスにおける各種の回転動作のなかで Pivot Turn は重要な要素のひとつである。ボールルームダンスにおける Pivot Turn は多くの Dancer にとって感覚的にわかっているつもりであるが、実際に Pivot とはどんな動作かと問われると、はっきりと言葉で表現するには窮するの事実である。このため、Pivot の動作を改善しようと思っても、単に試行錯誤を繰り返す方法が主になってしまうのが実情である。Pivot および関連する概念である Spin などについて、ボールルームダンスの Syllabus (ISTD, 1944) に載っている用語を取り上げてみると、Natural Spin Turn, Pivot, Pivoting action, Double Reverse Spin, Reverse Pivot, Outside Spin, Slip Pivot, Top Spin, Natural Pivot Turn, Heel Pivot など多岐にわたる。これらの用語には、Pivot や Spin の語が含まれていても、実際には Pivot や Spin ではないとされるものもあるが、Pivot や Spin の定義が曖昧である限り、感覚的な説明にしか過ぎない。

本研究は、まず、Pivot および関連動作を詳細に考察し、Pivot を力学的見地から明確な定義を行なう。具体的な解析としては、基本的な動作の代表として右回転である Natural Pivot Turn を取り上げ、Couple の移動位置、速度、回転角度、回転速度などの解析をし、通常の Natural Turn との相違を明らかにする。また、左回転としては Reverse Pivot の解析を行ない、右回転の Natural Pivot Turn とは異なる重要な点を、両者を比較しながら明らかにする。

2. 解 析

2・1 Pivot Turn および関連動作・用語の分析

一般的にダンスにおける Pivot Turn を単純に説明すれば、回転中に重心が片足に載っているとするのが、普通かもしれない。Couple が Contact して踊るボールルームダンスにおいては男女それぞれの Step があり、もう少し、複雑となる。具体的に Pivot Turn を明確化するには、Pivot でない回転 (Turn) との区別をすることである。たとえば、通常の Natural Turn と Natural Pivot Turn との区別を考察してみる。ISTD の教科書 (ISTD, 1944) における Quickstep の記述を比較してみる。前半の 3 歩は共通であるので、4 歩目の動作が主題となる。この歩は Natural Turn においては

Man: Left Foot Back, Backing LOD, commence to turn to Right

Lady: Right Foot Forward, Facing LOD, commence to turn to Right

である。LODはLine of Danceの略称で、Danceの進行方向を示す。一方、Natural Pivot Turn 4歩目の記述は

Man: Left Foot Back (Right Foot held in CBMP), Down LOD toe turned in, Up to 1/2 turn to Right (pivot)

Lady: Right Foot Forward, Facing LOD, Up to 1/2 turn to Right (pivoting action)

となっている。すなわち、この4歩目は男子はPivot、女子はPivoting actionと表記されている。この歩ではStep足(重心の載る足、支え足)の反対の足(上述の場合は男子右足、女子左足)(以下ここではFree footと記述する)が男子のPivotにおいてはCBMPに保たれるのに対し、女子のPivoting actionにおいてはその記述がないのが大きな特徴である。CBMPとはContrary Body Movement Positionの略称で、一方の足が他方の足の線上または交差して置かれてBody Lineを保つ位置を表わし、Partnerの外側にStepするときなどに頻りに用いられる。また、この4歩目は通常のNatural Turnにおいて、複数の歩(4,5,6歩目)から成る回転の一部であるのに対し、Pivotにおいては回転が1歩で行われるのが大きな特徴である。一般のダンスにおいてPivotを「片足旋回」とすることもあがるが、この特徴を表現していると言える。体操やバスケットボールなどの競技において、片足を軸に回転して方向を変えるなども、同様の概念である。ボールルームダンスにおけるPivotについてしばしば行われる説明としては、回転中にFree footがCBMPに保たれるのがPivotであり、CBMPに保たれないのがPivoting actionであるとし、それが定義であるかの如くされているが、これは正しくない。この説明は少なくともPivoting actionの定義にはならないし、またHeel PivotのようにFree footがCBMPでなくてもPivotとされるものもある。さらに、この説明では他種のダンスやスポーツ関係からは受け入れられないであろう。Natural Pivot Turnにおいて女子の動作(右足前進歩)は左足がCBMPでなくPivoting actionとなる理由、および、Reverse Pivotにおいては男女とも(前進後退とも)Step足でない足がCBMPに保たれる理由については、後述の解析で論ずる。

Pivotは語の意味(訳)として軸であるので、軸を中心に回転するのがPivot Turnである、とするのが正当な解釈であろう。しかし、回転には必ず回転中心があるので、これだけでは説明不足である。回転中心が軸足にある、とするのは、Pivotの概念にかなり近い表現に思える。物理的な意味でのPivot回転は、剛体がある固定点を中心に回転することであろう。しかし、ボールルームダンスにおいては回転のみで並進運動を伴わない場合はかえって少ない。そこで「回転中心」について男女がContactして踊るボールルームダンスにおいては改めて定義しなおす必要がある。感覚的にも受け入れやすく、力学的にも曖昧さのない定義として、Coupleとしての回転を、男女を結ぶ線の回転で表し、回転するその線の交点を回転中心と考えるのが妥当であろう。このようにして、Coupleとしての移動径路が曲線であっても、男女が相対的に回転していれば回転中心は定義できることになる。実際、ボールルームダンスでは多くの回転フィギュアにおいて移動径路はほぼ直線的である場合が主である。移動径路が曲線の場合は、身体の安定を保つために他の技術を必要とするのでむしろ別に議論すべき課題である。

2・2 Contact HoldのCouple Danceにおける回転の中心

上述において提案した回転の中心の位置についてももう少し正確に検討してみる。足の位置を考えるのであれば、男女それぞれの動きを別々に評価する必要があるが、対象としているスタンダードのボールルームダンスにおいては、男女がContactして踊るのが基本であるので、回転の中心は足の位置そのものでなく、CoupleをひとつのBodyとみなして、その重心の動きについて、回転および移動の解析を行なうのが適当である。

Coupleの質量： $m = m_L + m_M$ 。 (m_L, m_M はそれぞれ女子、男子の質量)

回転の運動はCoupleとしての並進運動と、Coupleの重心回りの回転運動の和として解析する。Coupleの重心位置を x_G, y_G 、極座標表示で $x_G = r_G \cos \theta$ $y_G = r_G \sin \theta$ とする。

男女の向きの x 軸方向からの傾斜角を女子 θ' 、男子 $\theta' + \pi$ で表す。回転中心が座標原点固定の場合は $\theta' = \theta$ である。 θ' は身体の向きであり、もし、男子がLODに向き、女子が左右のずれなく(正対)、LODに背面するとすれば、 $\theta' = 0$ となる。(実際は左右のずれがある。) Natural Turn, Reverse Turnのそれぞれ後半の場合、 x 方向は、ほぼLOD方向とみなせる。初期値は $\theta' = \pi - \beta + \gamma$ 、 β は男女のHoldのずれ角度である。 γ は男女を結ぶ線(回転中心方向)の定義で、それぞれの重心を結ぶ線で考える場合は $\gamma = 0$ 、身体の正面背面を結ぶ線

原点とし、並進運動、回転運動の関数としては前報(塩谷, 2018)と同じく調和関数を用いる。1小節での移動距離 (Reverse Turn 前半 LOD 方向成分 L) を代表長さとし、 $\rho_L/L=8/45$, $\rho_M/L=8/55$ とする。

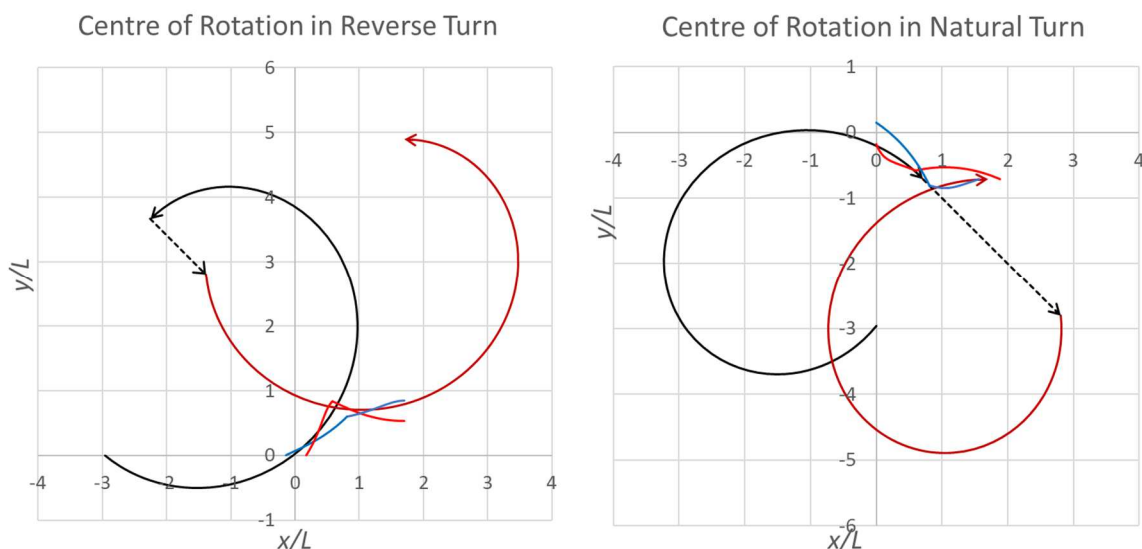


Fig. 2 The centre of rotation in Reverse Turn and Natural Turn in Waltz. The red line — and the blue line — show the movements of Lady and Man, respectively. The trajectory of the centre of rotation is shown as the black line — in the 123 counts, and as the brown line — in the 456 counts.

回転中心位置は、Couple の運動位置近くから遠いところまで大きな円に近い軌跡を描くことが示されている。

2・3 Pivot Turn における回転中心

さきに示唆したように Pivot Turn は回転中心が固定とするのが基本である。この場合の回転とは、重心の移動径路に関係なく、重心回りの回転、すなわち自転である。Pivot Turn で回転中心固定とは、例えば、月が地球を回転中心として常に同じ面を回転中心に向けていることである。回転中心への男女の位置関係が固定されるので、純粹の Pivot においては内側回転、外側回転は明確である。回転中心 x_C, y_C を固定とし重心運動と回転運動の関係を求める。変数は x_G, y_G, θ' であり、重心運動を決めれば、回転運動がきまる。変数 θ' で表わせば

$$x_C - x_G = \left(\frac{dx_G}{d\theta'} \right) \sin \theta' \cos \theta' - \left(\frac{dy_G}{d\theta'} \right) \cos^2 \theta' = \left(\frac{dx_G}{d\theta'} \right) \sin \theta' \cos \theta' - \left(\frac{dy_G}{dx_G} \right) \left(\frac{dx_G}{d\theta'} \right) \cos^2 \theta' \quad (3)$$

$$y_C - y_G = \left(\frac{dx_G}{d\theta'} \right) \sin^2 \theta' - \left(\frac{dy_G}{d\theta'} \right) \sin \theta' \cos \theta' = \left(\frac{dx_G}{d\theta'} \right) \sin^2 \theta' - \left(\frac{dy_G}{dx_G} \right) \left(\frac{dx_G}{d\theta'} \right) \sin \theta' \cos \theta' \quad (4)$$

回転中心固定の条件 $\frac{dx_C}{d\theta'} = 0$ $\frac{dy_C}{d\theta'} = 0$ より、

$$\left(\frac{d^2 x_G}{d\theta'^2} \right) \left\{ \sin \theta' - \left(\frac{dy_G}{dx_G} \right) \cos \theta' \right\} + \left(\frac{dx_G}{d\theta'} \right) \left\{ 2 \cos \theta' - \frac{d}{d\theta'} \left(\frac{dy_G}{dx_G} \right) \cos \theta' + 2 \left(\frac{dy_G}{dx_G} \right) \sin \theta' \right\} = 0 \quad (5)$$

が得られる。前項で示した通常の Natural Turn, Reverse Turn などの場合は、並進運動と回転運動を与えると、移動する回転中心の軌跡が得られたが、回転中心を固定とする Pivot の場合は、並進運動と回転運動は独立には定

められないことを上式は示している。ただし、これは、回転中心を固定とする純粋の Pivot の場合であり、回転量があまり大きくない Pivot Turn の場合に全過程がこの純粋の Pivot が可能と解釈できる。実際の Syllabus (ISTD, 1944) に示される Natural Pivot, Reverse Pivot は回転量に任意性があり、最大 $1/2 (\pi \text{ radian})$ までとなっている。特に回転量が大きい場合は、回転の初めから終わりまで全過程において、回転中心を固定とするには無理があるので、Pivot の入口過程、出口過程においては回転中心が移動することも許容されることになる。通常の Natural Turn, Reverse Turn では回転中心が重心軌跡からかなり遠方にあることを考慮すると、Pivot においては、回転中心が重心軌跡近傍にあればよいと考える。

2・4 Natural Pivot Turn の運動解析

具体的に右回りの Pivot Turn である Natural Pivot Turn (4 歩目) の動きを解析する。この歩の運動は通常 1 拍で回転が行われる。回転中心を原点にとる。Couple 重心の運動は x 方向の直線運動 $x_G(t)$, $y_G = y_{G0}$ 固定とし、 y

軸 ($t=0$, $x_G=0$) を対称軸として加速・減速する関数 (奇関数) を用いる。 $\sin \theta = y_{G0}/r_G < 1$ であるので、

総回転量 Θ (の絶対値) は回転中心固定の条件で π より小さい。また、 π に近くなると、運動径路の距離が非常に大きくなるか、Pivot 中間時の角速度が非常に大きくなる (発散する) ので現実的でない。したがって、回転中心固定の条件は、Pivot の過程の中心部分では成立するが、開始 (入口) 時、および、終了 (出口) 時近くでは回転中心は多少の移動を伴うと解釈するのが自然である。実際の Natural Pivot の動作の面からの解釈としては、入口過程では、後退の男子は女子の進路を空けるため (通常の Natural Turn に比べ) 早めの回転動作に入り、出口過程では、女子が男子との Hold に整合性をとるため少し横方向の動作を伴う Pivoting Action となる。このように、入口過程と出口過程は純粋の Pivot からずれる意味は異なるが、効果としては類似しているため、先に述べたように簡単のため運動は (前後) 対称形とする。

初期の回転中心位置は、重心の総移動距離 L と総回転量から決まり (総回転量 $\Theta = -\pi$ のとき初期回転中心は、運動径路上にあるので y_{G0})、重心移動に伴い、回転中心は原点に収束し、純粋の Pivot となる。解析において、

できるだけ一般性を保持するため変数は無次元で表わす。時間の基準 T は Pivot 回転時間とする。解析範囲は $-1/2 \leq t/T \leq 1/2$ である。Waltz においては通常 1 拍の時間である。長さの基準はこの間の Couple 重心移動距離 L とする。Couple の重心移動関数は通常の Natural Turn と同様の調和関数とする。

$$\frac{x_G}{L} = \left(\frac{t}{T}\right) + \frac{1}{2\pi} \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \quad y_G = y_{G0} \quad (6)$$

$$\left(\frac{T}{L}\right) \frac{dx_G}{dt} = 1 + \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \quad \left(\frac{T^2}{L}\right) \frac{d^2 x_G}{dt^2} = -2\pi \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (7)$$

回転中心移動 x_C, y_C は Natural Turn, Reverse Turn に比べ微小であるが、重心移動径路上 y_{G0} から原点まで往復する調和関数とする。

$$x_C = 0 \quad \frac{y_{G0} - y_C}{L} = \frac{1}{2} \left(\frac{y_{G0}}{L}\right) \left\{ 1 + \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \right\} \quad (8)$$

$$\text{回転角速度 } \omega = \frac{d\theta'}{dt} \text{ は } \omega T = \frac{\left(\frac{y_{G0} - y_C}{L}\right) \left(\frac{T}{L}\right) \frac{dx_G}{dt}}{\left(\frac{x_G}{L}\right)^2 + \left(\frac{y_{G0} - y_C}{L}\right)^2} \quad (9)$$

回転中心への Alignment に関する角度 β および γ (図 1) を考慮し、女子男子の重心 Position はそれぞれ

$$\text{Lady: } \frac{x_L}{L} = \frac{x_G}{L} + \frac{\rho_L}{L} \cos(\theta' - \beta + \gamma) \quad \frac{y_L}{L} = \frac{y_{G0}}{L} + \frac{\rho_L}{L} \sin(\theta' - \beta + \gamma) \quad (10)$$

$$\text{Man: } \frac{x_M}{L} = \frac{x_G}{L} - \frac{\rho_M}{L} \cos(\theta' - \beta + \gamma) \quad \frac{y_M}{L} = \frac{y_{G0}}{L} - \frac{\rho_M}{L} \sin(\theta' - \beta + \gamma) \quad (11)$$

となる. ここで $\beta = \pi/4$ $\gamma = \pi/8$ $\rho_M/L = 6/55$ $\rho_L/L = 6/45$ とする.

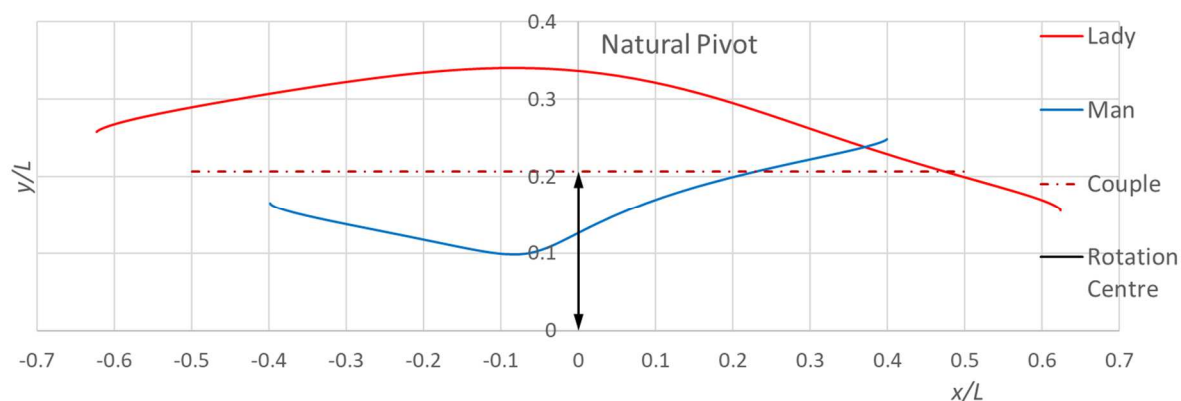


Fig. 3 Dancers' movements Natural Pivot. The red line — and the blue line — show the movements of Lady and Man, respectively. The trajectory of the centre of rotation is shown as the black line.

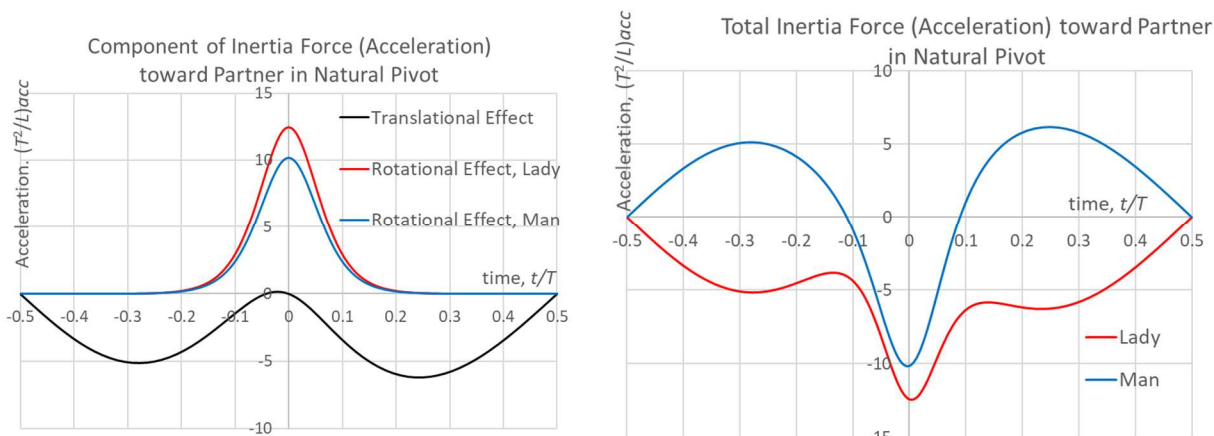


Fig. 4 Inertia forces in Natural Pivot. The left graph shows the contribution of translational and rotational movement. The right graph shows the total inertia force felt by Lady and Man.

このときの Dancer の Partner 方向加速度 (慣性力に対応) は

$$\text{Lady: } \left(\frac{T^2}{L}\right) a_{\text{TL}} = \left(\frac{T^2}{L}\right) \frac{d^2 x_G}{dt^2} \cos(\theta' - \beta + \gamma) - \left(\frac{\rho_L}{L}\right) T^2 \left(\frac{d\theta'}{dt}\right)^2 \quad (12)$$

$$\text{Man: } \left(\frac{T^2}{L}\right) a_{\text{TM}} = -\left(\frac{T^2}{L}\right) \frac{d^2 x_G}{dt^2} \cos(\theta' - \beta + \gamma) - \left(\frac{\rho_M}{L}\right) T^2 \left(\frac{d\theta'}{dt}\right)^2 \quad (13)$$

である。それぞれ、右辺 1 項目は並進運動の寄与、2 項目は回転運動の寄与である。図 4 に代表例を示す。Reverse Turn, Natural Turn の場合は並進運動の加減速による寄与が大きいため、前後非対称であったが (塩谷, 2018), Natural Pivot の場合は、回転による加速度 (遠心力) が主であるため、前後の差は大きくない。しかし、女子、男子の Pattern は、並進運動効果と回転運動効果が加であるか減であるかにより差が現れている。

2・5 Reverse Pivot の運動解析

左回転の Pivot である Reverse Pivot についても基本的な概念は同じであるが、Hold の特徴により、かなり異なった見方および解析方法が必要となる。Reverse Pivot の Syllabus (ISTD, 1944) 上の記述は

Man	Lady
Commence backing LOD	Commence facing LOD
Right foot back in CBMP (small step)	Left foot forward in CBMP (small step)
Left foot held in CBMP	Right foot held in CBMP
Alignment: Diagonally to Centre, toe turned in	Alignment: Diagonally to Centre
Amount of turn: Up to 1/2 to Left (Pivot)	Amount of turn: Up to 1/2 to Left (Pivot)

この記述を Natural Pivot と比較するといくつかの重要な相違がある。初めの位置から Step までに既に $1/8$ 回転 ($\pi/4$) 回転していること、歩幅が小さいことなど、運動が並進運動よりも回転運動が主であることが示唆されている。また、男女とも両足とも全過程を通じて互いに CBMP であることも Natural Pivot と違いである。

Couple の回転中心方向 Vector は男子 (後退 Dancer) の背面方向より右側 ($\gamma > \beta$) にあることから、内側回転と外側回転の半径の差が小さいことも特徴である。また、初期の足位置から、入口過程で CBMP での (男子) 後退、(女子) 前進となり、男女とも両足とも互いに CBMP のまま、出口過程まで推移することである。このため、運動動作としては Natural Pivot の解析のような (前後) 対称形の関数は適切でないと考えられる。

まず、Start の状態 (男子 LOD に背面) から、 $\pi/4$ 左回転して DC (中央斜め) に Step する過程を第 1 段階 ($-1/2 \leq t/T \leq t_1/T$) とする。この段階の回転量 $\pi/4$ はここでは総回転量 Θ に含まれないものとする。第 1

段階の過程で回転中心は、重心径路上 y_{G0} まで移動するものとする (重心移動距離 L_1)。その後 Step 足に重心が

移動し、回転中心が Natural Pivot と同様に原点まで中心移動するまでの段階を第 2 段階 $t_1/T \leq t/T \leq 0$ (重心

移動距離 L_2)、以降回転中心が y 軸上で重心径路上までもどる段階を第 3 段階 $0 \leq t/T \leq 1/2$ とする (重心移

動距離 L_3)。総移動距離は $L = L_1 + L_2 + L_3$ である。第 1 段階終了を $t_1/T = -1/4$ 、また第 2 第 3 段階の総

回転量 $\Theta = \pi$ の場合を考える。Couple 重心移動方向 (DC) を x 方向とし、 $y_{G0} = -(L/2)\tan(\pi/8)$ とす

る。重心移動関数は Natural Pivot と同様、式 (6) の調和関数を用いる。ただし、 $y_G = y_{G0} < 0$ である。

第 1 段階は、回転角 $-(5/4)\pi \leq \theta' \leq -\pi$ 初角速度 0、第 1 段階終了時、極値となるよう y 方向の調和関数を

$$\text{採用する。} \quad \sin \theta' = -\frac{1}{\sqrt{2}} \cos\left(\frac{2\pi t}{T}\right) \quad (14)$$

第 1 段階では回転中心の初期座標は Couple 重心位置よりも女子寄りにある。すなわち男子は外回転、女子は内回転である。第 3 段階は Natural Pivot と同じく式 (8) の回転中心小移動 (調和関数) を用い、第 2 段階はその遷移過程とする。第 2 段階の前後の境界条件としては、重心位置、回転角度およびそれらの速度が連続となるよ

うに定める。第2段階の回転中心 x_C, y_C は式 (3) (4) により得られるが、比較的大きく移動し、この段階では、Pivot 運動の要素は少ないことを示している。Reverse Pivot においても女子、男子それぞれの動きは式 (12) (13) (14) (15) により得られる。ただし、角度の条件は $\gamma > \beta$ となる。以下の計算例では $\beta = \pi/4$ $\gamma = \pi/8$ としている。また無次元長さの基準となる Couple 重心移動距離 L は Pivot においては短い、Reverse Pivot では歩幅は Small step となっており、Natural Pivot に比べてもさらに短い。計算例では Natural Pivot に比べて 1/2 としている。具体的には、 $\rho_M/L, \rho_L/L$ の値を 2 倍としている。回転中心の移動例を図 5 に、それぞれの Dancer の動きを図 6 に示す。図 6 において、内側回転の男子は、Natural Pivot の場合と異なり、ほとんど移動停止、あるいは逆行の時点があることを示唆している。

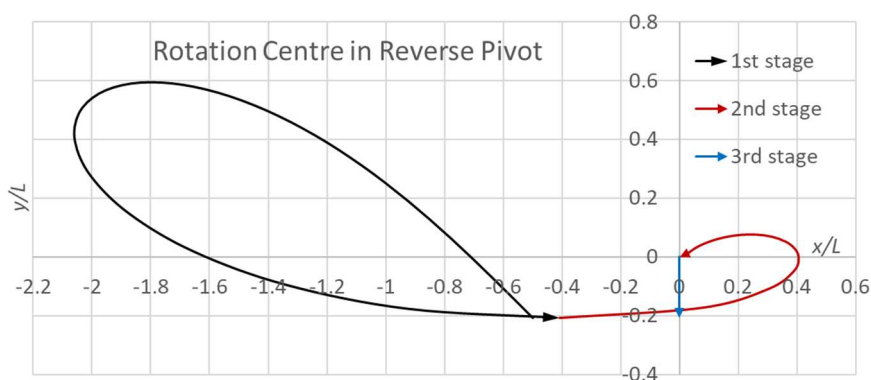


Fig. 5 Movement of rotation centre in Reverse Pivot. The black line —, the brown line — and the he blue line — show the movement in 1st, 2nd and 3rd stage, respectively.

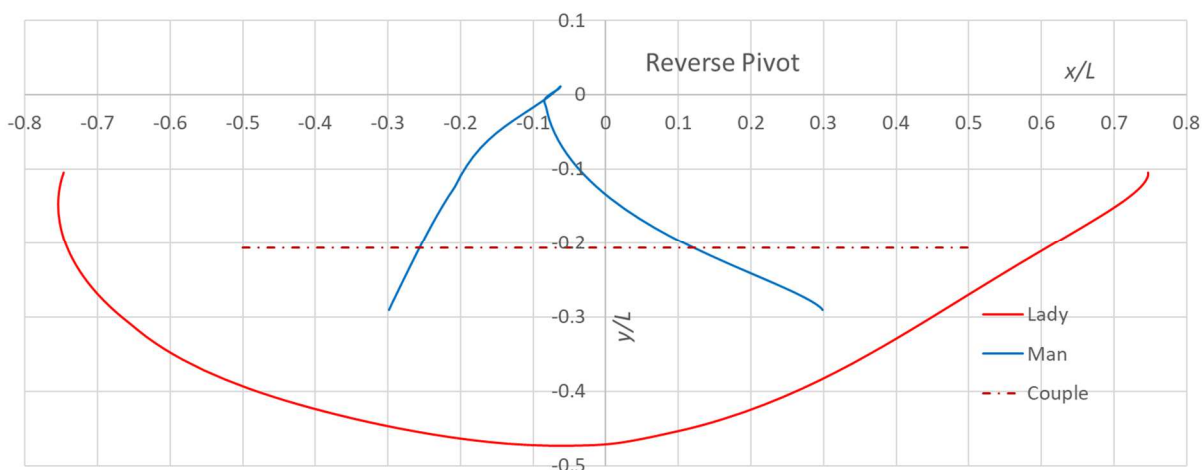


Fig. 6 Dancers' movements Reverse Pivot. The red line — and the blue line — show the movements of Lady and Man, respectively.

このときの Dancer の Partner 方向加速度（慣性力に対応）も Natural Pivot と同様に式 (12) (13) で表わせる。並進運動と回転運動の寄与および合計加速度を図 7 に示す。

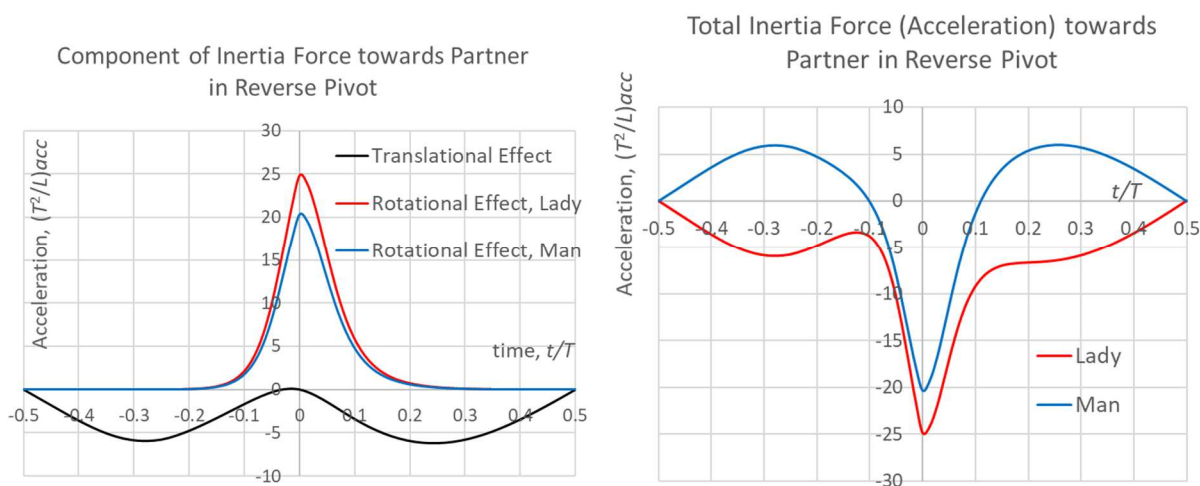


Fig. 7 Inertia forces in Reverse Pivot. The left graph shows the contribution of translational and rotational movement. The right graph shows the total inertia force felt by Lady and Man.

回転中心の動きは第 1 段階においてかなり大きく第 2 段階にもその影響が残っていて、Natural Pivot の場合に比べて複雑である。Dancer の動きは女子は Natural Pivot の場合と似て滑らかであるが、男子の動きは、途中で切り返しのある、特徴的なものとなっている。Partner 方向慣性力は Natural Pivot の場合と似ているが、並進運動による寄与はさらに小さくなっていることが示されている。

4. 考 察

Pivot の動作は、他の動作と同様それぞれの Dancer によるある程度の任意性があるので、以上の解析は筆者が最も自然に近いと考える方法の例であり、他の方法を排除するものではない。たとえば、開始時に並進運動をほとんどしない間に重心回りの回転をして、回転中心を移動させ、回転中心固定の純粋 Pivot に移行する方法もあり、また、回転運動と並進運動をともに連続して滑らかに移行する方法も考えられる。

本解析においては、一般性を持たせるため無次元表示を用いた。時間の基準 T は Pivot 回転時間とした。Waltz においては通常 1 拍の時間である。通常の Natural Turn, Reverse Turn が回転の 1 動作 (1 小節) が 3 拍を要するのに比べて $1/3$ の時間である。Quickstep など他の種目、また Waltz においても他の時間 ($1/2$ 拍など) で踊られることもある。長さの基準 L は Pivot の間の Couple 並進移動距離である。Natural Pivot においては通常の Natural Turn, Reverse Turn 解析の場合比べると半分程度の長さである。Reverse Pivot においてはさらに短い。解析結果の表示はこのことを考慮して解釈する必要がある。回転中心軌跡の表示は $y/L - x/L$ であるので、形状の比較はそのまま考えてよい。それぞれの Partner の移動軌跡については、Couple 重心から Dancer 重心までの距離が無次元で表示されているが計算例は、それを考慮した具体値を ρ_M/L , ρ_L/L に与えているのでこの形状の比較もそのままよい。速度、加速度については、 (T/L) , (T^2/L) をそれぞれかけて表示しているので影響がある。前報(塩谷, 2018) の通常の Natural Turn, Reverse Turn に比べて Natural Pivot 解析において、 T を $1/3$, L を $1/2$, また、Reverse Pivot において、 T を $1/3$, L を $1/4$ とする場合を考察してみる。通常の Natural Turn, Reverse Turn を基準とすれば、並進加速度は Natural Pivot において $9/2$ 倍、Reverse Pivot において $9/4$ 倍すれば比較できる。回転運動の加速度については、 $(\rho_M/L)^2$, $(\rho_L/L)^2$ を含む項であり、これは計算例で考慮されていて、Reverse Pivot における回転運動の寄与の割合が最も大きいことが示されている。

前報(塩谷, 2018)にも述べているように男女が互いに左方にずれて組むボールルームダンスの Hold の特徴は, Natural Pivot, Reverse Pivot においても顕著に影響している. Natural Pivot において, 男女の左右の足の位置を考察してみると, 回転中心に最も近いのは内側回転である男子の左足であり, 最も遠いのは外側回転の女子の左足である. Syllabus (ISTD, 1944) 通りに男子左足を LOD に後退し, その左足 Ball の位置が初めと終わりで同じとすれば, Couple の重心は総回転量 $\Theta = \pi$ として若干壁 (Wall) 寄りに移動することとなる. 男子は Hold を Compact に維持するため Free Foot 右足は CBMP に保つが, 女子は男子よりもさらに壁寄りに移動するので, 回転中心から遠い Free Foot 左足は CBMP ではなく少し開き気味となる必要がある. (Pivoting Action). Reverse Pivot においては, 回転中心からの距離の男女差が少ないので, この考慮の必要はない. Natural Pivot における横方向の移動をさらに詳細に検討してみる. Couple 重心移動距離を L , Pivot 開始時の Couple 重心位置と男子左足位置の差の壁向き成分を w_0 とおけば, 重心の Couple 重心移動方向 x は LOD 方向から約 $2w_0/L$ だけ右下がりに傾斜していることになる. Natural Pivot を 1 回行なう場合はこの差はほとんど目立たないが, Pivot を連続して LOD 方向に進行しようとするときは, 壁に近づきすぎる恐れがあるので, この差を考慮して, 開始の Alignment を LOD より若干中央斜め向き ($2w_0/L$) にとる方がよいと考える. Reverse Pivot においては, 第 1 段階での調整もあり, また連続して行なうこともないので特に考慮の必要はない.

各 Dancer の動きの軌跡を図 3, 図 4 に示したが, Reverse Pivot において男子が折り返しのような特異な動きを示すことが目立つ. これは, 男女の Hold の特徴, 並進運動の距離が短いこと, 男子の回転が外側回転から内側回転に移行すること, 回転半径が短いことが関係していると解釈できる.

5. 結 語

ボールルームダンスの回転動作で重要な Pivot Turn について力学的解析を行なった. Contact Hold であるボールルームダンスにおける回転中心の定義を定式化し, その回転中心が固定するという Pivot の解釈を明確化した. 実際の回転動作が純粹の Pivot と通常の回転動作との組み合わせであることを Reverse Pivot, Natural Pivot の解析により示した.

Dancer の受ける慣性力は, 通常の Natural Turn, Reverse Turn では, 並進運動の加減速による寄与が主であったが Pivot Turn においては, 回転運動による効果 (遠心力) が大きく, その効果は Natural Pivot よりも Reverse Pivot の方が大きいことを示した.

Reverse Pivot が Natural Pivot と異なる動きを含むことを示した.

文 献

- (1) ISTD (The Imperial Society of Teachers of Dancing), "The ballroom technique", 1st edition (1944), 10th edition (1982), pp. 1-134.
- (2) 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.
- (3) 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
- (4) 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.
- (5) 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.
- (6) 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 (2018), C21.