

ドラム演奏における技能の水準とスティックワークパターンの関係

西村 健次・松原 周信

Relationship between skill level and stick work pattern in playing a snare drum

KENJI NISHIMURA and CHIKANOBU MATSUBARA

Abstract: To investigate the relationship between skill level and stick work pattern in playing a snare drum, incremental load test of playing snare drum was conducted by 7 skilled and 6 unskilled players at the rate of 15 to 480 beats/min. Expired gas was then analyzed and energy expenditure was calculated. Simultaneously, 3 dimensional high speed video recording was conducted. Consequently, energy demanded of skilled group was significantly lower than that of unskilled group at 480 beats/min. Then the vertical displacement of the center of gravity concerning both upper limb and drumstick of skilled group was significantly smaller. And, on both skilled and unskilled groups, after the center of gravity of drumstick reached its highest point, drumstick tip reached its highest point, successively; the time interval from the former highest point to the latter of the skilled group was significantly longer than that of the unskilled group. This fact means that, concerning skilled group, due to the rotatory motion of drumstick by applying wrist shot and finger shot, contrarily to mainly translational motion in unskilled group, sound pressure level was enabled to equalize to that of unskilled group. The effect, i.e. rotatory motion compensated the low potential energy and short stroke due to small vertical displacement, made the mechanical efficiency of skilled group higher.

Keywords: drum, motion analysis, energy expenditure

(Accepted October 3, 2005)

楽器の演奏において、フォームは重要と考えられている¹⁾。しかし、ドラム演奏に関し、演奏時のフォーム分析を行った研究は、辻と西方²⁾のMIDIドラム楽器と簡易モーションキャプチャーシステムを用いた演奏情報と手の甲の動きに関する報告が見られるにとどまるとされる。なお、その他ドラム演奏に関する研究では、ポップス系音楽におけるドラム演奏の打点時刻及び音量とグループ感に関する奥平ら³⁾の報告、ジャズドラム奏者の手の動きとシンバル打点時刻に関するWaadeland⁴⁾の報告、著名ジャズドラム奏者のレコード演奏よりシンバル打点時刻を抽出しスウィング比との関連を調べたFribergとSundstorm⁵⁾の報告がある。ただし、これらは演奏者の動作そのものではなく、演奏により生じた音に着目した研究であり、演奏時のフォームに直接言及したものでは

ない。一方、スポーツの分野ではフォームの分析が広く行われており、各スポーツ固有の動作に焦点を絞り、競技の際、熟練者に共通して見られる特徴的な動きの要素を数値化している。例えば、3次元ビデオ撮影を用いてサイドキックとインステップキックを分析したNunomeら⁶⁾の報告、バレーボールのスパイクを分析したColemanら⁷⁾の報告、肩関節の外転角と肘関節の内反トルクおよび投球速度に関するMatsuoら⁸⁾の報告がある。これらは、モデル化された2種の異なるフォームに関し、パフォーマンスと密接に関係すると推測される動作の差異を明らかにしたものである。ドラム演奏に関しても、同様の手順を用いれば、熟練者と未熟練者のフォームの差異が明らかになるとと思われる。

ところで、一般に持久的なスポーツ種目においては、

機械的効率を高めれば競技力も向上する。しかし、持久力を要求されない動作にあっては、競技力を決定するのはパフォーマンスの大小であって、効率の大小は問題にならない。ところが、サッカーのキックにおいて、浅見ら⁹⁾により熟練者は少ないエネルギーでより大きなパフォーマンスを得ること、Asamiら¹⁰⁾により効率が技能の尺度になることが報告されている。また、ドラム演奏においては、辻と西方²⁾により、同じ演奏課題を与えたとき、打楽器経験者は未経験者と比較し演奏時の手首の振り幅が小さく、またその振り幅が一定であることが報告されている。このことは、技能レベルが高い者は低い者と比べ、同じパフォーマンスを小さな動作で遂行できることを意味する。しかし、ドラム演奏時のエネルギー消費量を測定し、効率に関する分析を行った報告は、今までのところ存在しない。

そこで本研究では、スネアドラムを用いた叩打動作の機械的効率に熟練者と未熟練者で差があるかどうか、差があるとすれば、その原因が上肢およびスティックの動きのどこにあるかを明らかにすることを目的とした。

方 法

被験者は大学の音楽サークルに所属しドラム演奏経験のある7名(熟練者)と、音楽経験はあるがドラム演奏経験はない6名(未熟練者)のいずれも男子とし、その身体的特徴等は第1表のとおりであった。これらの被験者を、背もたれのないドラム用丸椅子(Pearl D75)に座らせ、6分間安静をとらせた後、椅座位のまま、響き線を除いたスネアドラム(Gretsch GRM-514S 14"×5" maple)を、スティック(TAMA H-YKM)1対を使用し、1分間に15, 30, 60, 120, 240, 480回の頻度で3分ずつ順次叩打させた。その際、左右のスティックは同じ時間間隔で交互に叩打するよう指示した。各被験者の試行前には、テンションウォッチ(TAMA TW100)を用い、フロントヘッド(REMO 114BE)とボトムヘッド(REMO C-14BA)が一定値を指すようチューニングした。なお、椅子とスネアドラム間の距離は60cm、椅子の高さは42.7cm、スネアドラムの打面の高さは60cmを基本

Table 1 Characteristics of the subjects

	skilled mean±SD	unskilled mean±SD
number	7	6
height (cm)	173.6±4.35 ^{NS}	171.3±6.71
weight (kg)	62.2±2.94 ^{NS}	59.8±3.06
age (years)	22.3±1.80 [*]	20.7±0.82
career ¹⁾ (years)	5.3±2.43 ^{***}	0±0

^{*} p < 0.05, ^{***} p < 0.001

¹⁾ number of years as a drummer

All subjects were right-handed males.

とし、変更を希望した被験者には各自で調節させた。さらに、音響レベル計(佐藤商事 SD-321)をスネアドラムの打面側のリム上方10cmに設置し、A特性音圧レベルを0.1s間隔で測定し、RS-232Cポートを介してパーソナルコンピュータ(CLEVO 2700T)のハードディスクに記録した。後刻、JIS規格に基づき、測定した値より等価音響レベルを算出した。なお、テンポを提示する際、メトロノームを使用するとドラム以外の音が生じるので、これを避けるため、被験者にインナーイヤードホン片耳だけ装着させ、1分当たり120回のクリック音を聞かせた。また、被験者の叩打動作中、音響レベル計の出力を、約15mのリード線を介して配置したオシロスコープ(HIOKI 8808)に入力し、検者は被験者の発生させる音圧レベルをモニタして、一定の値を保持するよう、必要に応じ、ミキシングアンプ(ビクター PE-W80)を通し、クリック音用のヘッドホンに音声を重畳させて指示した。また、前述の安静ならびに叩打動作中、熱線式呼気流量計、ジルコニア式酸素濃度計、および赤外線式二酸化炭素濃度計(以上ミナト医科Respiromonitor MG-360, RM-300)を用いてエネルギー消費量を測定し、データを1分毎にマイクロコンピュータ(NEC PC-9801NX/C)に入力し、フロッピーディスクに記録した。なお、これらの測定結果については、各叩打頻度の動作開始1分後より2分間の平均値を、また椅座位安静時は開始2分後より4分間の平均値を、エネルギー消費量が定常状態に達したデータとして採用した。さらに2台の高速度ビデオカメラ(DITECT HAS-200R)を被験者の右前方および右後方各45°、被験者よりいずれも14mの距離に設置¹¹⁾し、キャリブレーションを行った後、1秒間あたり200フレームで、スティックチップによる叩打の瞬間から、次の叩打の瞬間までの一周を分析するに十分な時間、各叩打頻度の動作を撮影し、パーソナルコンピュータ(マザーボード ASUS A8V Deluxe)のハードディスクに記録した。撮影後、画像解析用ソフトウェア(DITECT DIPP-Motion XD)を用い、右肩関節、右肘関節、右橈骨手根関節、右第3中手骨頭、頭頂、右スティックの先端より1.5cm、右スティックの重心(先端より20.0cm)にそれぞれ添付したマーカの、2方向からの2次元座標をそれぞれ、振り下ろした右スティックの先端がスネアドラムヘッドに接触したフレームから、次のインパクト時、すなわち右スティックの先端が再度スネアドラムヘッドに接触したフレームまで順次求めた。次いで3次元DLT法によって、各マーカの3次元座標を計算した。

結 果

各叩打頻度における暗騒音補正後の等価音響レベルは、第1図に示したとおりであった。いずれの叩打頻度においても、暗騒音補正後の等価音響レベルには、熟練者、未熟練者の両群間に有意差はなかった。

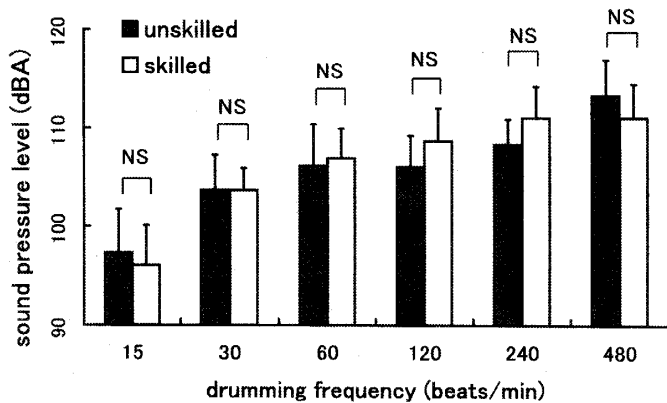


Fig. 1 Equivalent continuous A-weighted sound pressure level after background noise compensation at each drumming frequency concerning skilled and unskilled drummers, respectively. Each bar represents mean value and SD. The difference of sound pressure level between two groups was not significant at all frequency levels.

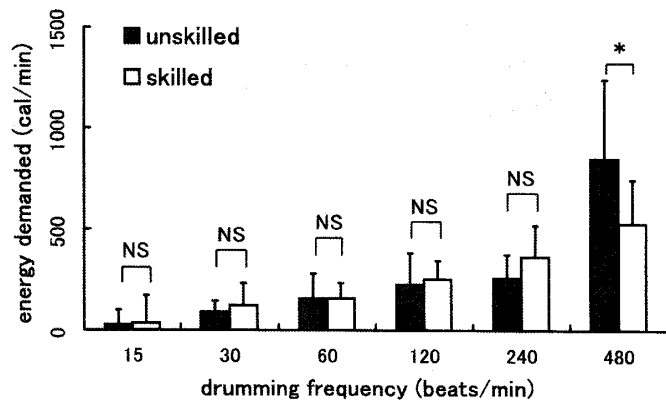


Fig. 2 Energy demanded at each drumming frequency level concerning two groups, respectively. Energy demanded is the difference of energy expenditure between drumming and being seated. Less than or equal to 240 beats/min, significant difference on energy demanded was not observed between two groups. But, at 480 beats/min, energy demanded of skilled drummers was significantly lower than that of unskilled drummers. The mark * indicates significant difference at $p < 0.05$.

次に、第2図に示すとおり、漸増負荷テストにおける各負荷段階のエネルギー需要量、すなわち座位安静時に対するエネルギー消費量の増加分は、1分あたり240回以下の叩打頻度のとき両群間に差はなかった。しかし、1分あたり480回の叩打頻度のエネルギー需要量は、熟練者の平均値と標準偏差が $528 \pm 216 \text{ cal/min}$ 、未熟練者の平均値と標準偏差が $847 \pm 391 \text{ cal/min}$ で、熟練者では未熟練者と比較し有意に小さかった。

なお、叩打の瞬間の動作分析については、誤差を小さくするため、各被験者について連続する2回の叩打の平均値を用いた。第3図に示すとおり、叩打頻度1分あたり480回の叩打時に、被験者の側面より観察したに相当する座標を求めたとき、被験者前方を正とした肩峰から肘

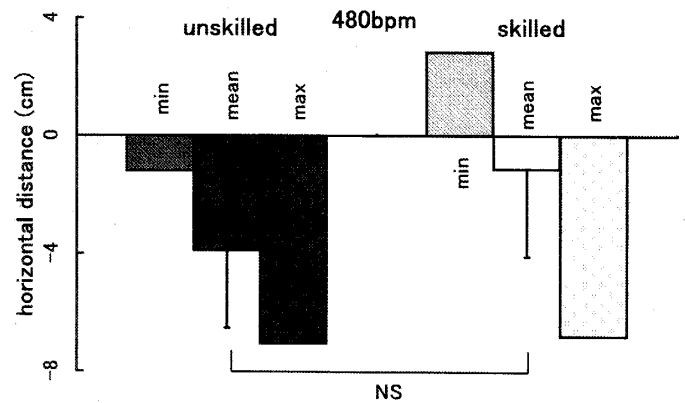


Fig. 3 Horizontal distance of anterior-posterior direction between acromion and cubital joint at the impact moment with drumstick at 480 beats/min concerning skilled and unskilled drummers. Minimum and maximum values of each group are shown as well as mean values. Positive values indicate that cubital joint was at the front of acromion, and negative value indicates rear. The difference of mean horizontal distance between two groups was not significant.

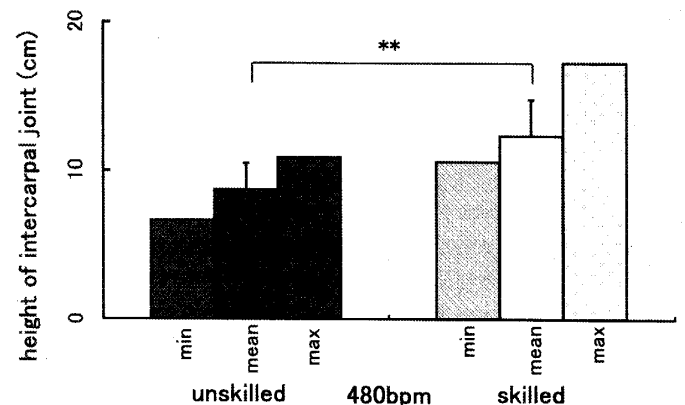


Fig. 4 Height of intercarpal joint from the snare drum batter head at the impact moment with drumstick at 480 beats/min concerning skilled and unskilled drummers. Minimum and maximum values of each group are shown as well as mean values. The mean height of intercarpal joint of skilled drummers was significantly higher than that of unskilled drummers. The mark ** indicates significant difference at $p < 0.01$.

関節までの水平距離が、熟練者の平均値と標準偏差は $-1.13 \pm 2.97 \text{ cm}$ 、未熟練者の平均値と標準偏差は $-3.89 \pm 2.62 \text{ cm}$ で、両群間に有意差はなかった。しかし、肩峰から肘関節までの水平距離の最大値は熟練者の 2.84 cm で、肩峰よりも前方に肘関節があった。一方、未熟練者は全員、肘関節が肩峰より後方にあった。また、第4図には叩打時の橈骨手根関節のスネアドラム打面からの高さを示した。熟練者の平均値と標準偏差は $12.35 \pm 2.44 \text{ cm}$ 、未熟練者の平均値と標準偏差は $8.72 \pm 1.77 \text{ cm}$ で、熟練者は未熟練者と比較し有意に高かった。

次に、叩打時に被験者の側面より観察したときの肘関

節角度と、叩打時に被験者の側面より観察したときの前腕とスティックのなす角度、および叩打時の水平面に投影したスティックと前腕のなす角度は第5図に示したとおりであった。すなわち、肘関節角度は熟練者では未熟練者と比較し有意に小さかった。また、前腕とスティックのなす角度は、上方の角度、すなわちスティックを振り上げるにつれて減少する角度を用いた。この角度は、熟練者の平均値と標準偏差が $171.2 \pm 11.8^\circ$ 、未熟練者の

平均値と標準偏差が $152.1 \pm 7.2^\circ$ で、熟練者は未熟練者と比較し有意に大きな値を示した。また、叩打時の水平面に投影したスティックと前腕のなす角度も、熟練者の平均値と標準偏差は $170.4 \pm 5.8^\circ$ 、未熟練者の平均値と標準偏差は $154.8 \pm 16.4^\circ$ で、熟練者は未熟練者と比較し有意に大きな値を示した。

メトロノームとしてのクリック音に合わせて叩打させたものの、実際には各被験者の、前の叩打からこれに続

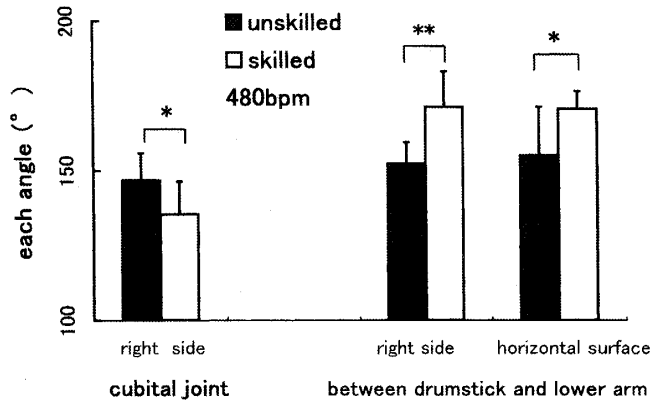


Fig. 5 The angle of cubital joint (left bars), and that of drumstick and forearm (middle and right bars), at the impact moment with drumstick at 480 beats/min concerning skilled and unskilled drummers. The angle of cubital joint was observed from right side of subjects. That of skilled drummers was significantly smaller than unskilled. And the angle between drumstick and forearm were observed from right side and upper point of subjects. Both angles between drumstick and forearm concerning skilled drummers were significantly larger than those of unskilled drummers.

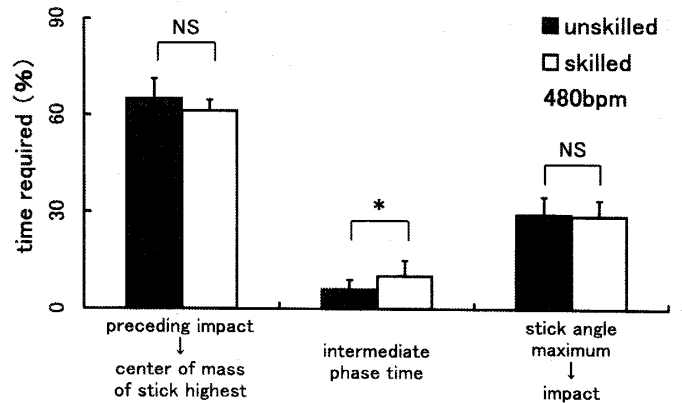


Fig. 7 Percentage of time required at 480 beats/min. On both skilled and unskilled groups, after the center of gravity of drumstick reached its highest point, the 3 dimensional angle constructed by drumstick and horizontal plane reached maximum, successively. Left bars indicate the time required from preceding impact to the moment center of gravity is highest. Right bars from the moment the angle maximum to the impact. Middle bars indicate intermediate phase time from the former to the latter, and this time of the skilled group was significantly longer than that of the unskilled group.

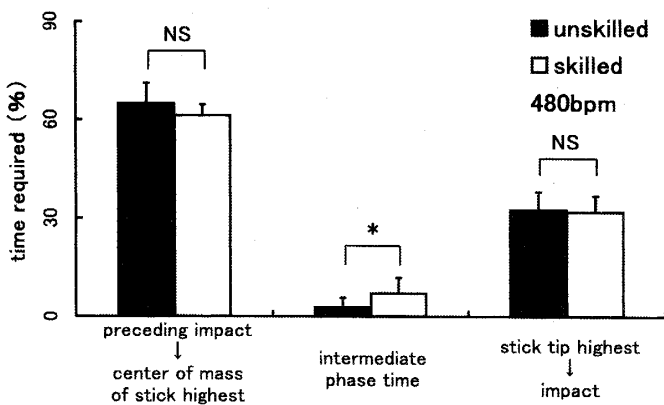


Fig. 6 Percentage of time required at 480 beats/min. On both skilled and unskilled groups, after the center of gravity of drumstick reached its highest point, drumstick tip reached its highest point, successively. Left bars indicate the time required from preceding impact to the moment center of gravity is highest. Right bars from the moment stick tip is highest to the impact. Middle bars indicate intermediate phase time from the former to the latter, and this time of the skilled group was significantly longer than that of the unskilled group.

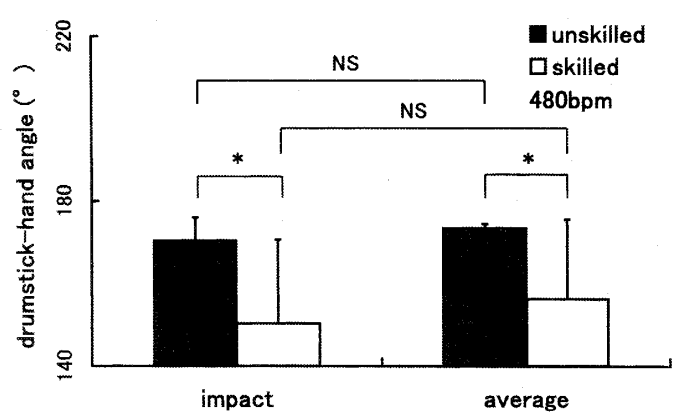


Fig. 8 The angle constructed with the long axis of drumstick and the line from the center of gravity of drumstick through the head of third metacarpal, observed from right side of the subjects, at 480 beats/min. Left bars indicate the state of the impact moment, and right bars averaged angle from preceding to following impact. On both at impact and averaged data, the angle of skilled group was significantly smaller than that of unskilled group.

く叩打までの所要時間が異なっていたため、第6図および第7図に示したとおり、経過時間は前の叩打時を0%、その次の叩打時を100%とし、百分率であらわした。叩打動作は全被験者とも、前の叩打後、スティックの重心が最高点に達したのち、スティックの先端が最高点に達し、次いでスティックと水平面のなす3次元上の角度が最大になり、その後、次の叩打という順序であった。第6図に示したとおり、1分あたり480回の叩打頻度で、スティックの重心が最高点に達してからスティックの先端が最高点に達するまでの時間差、また第7図に示したとおり、スティックの重心が最高点に達してからスティックと水平面のなす3次元上の角度が最大になるまでの時間差は、それぞれ熟練者が未熟練者より有意に大きかった。

第8図には、被験者の側面より観察したときの、ステ

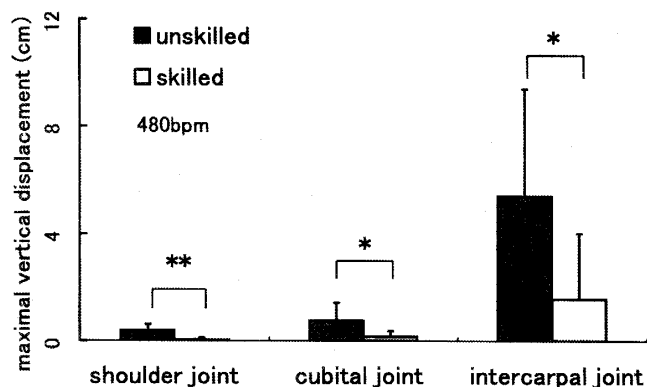


Fig. 9 Maximal vertical displacement of each joint of upper limb from the point at the preceding impact moment, at 480 beats/min. The maximal displacement of shoulder, cubital and intercarpal joint concerning skilled group was significantly smaller than that of unskilled group, respectively.

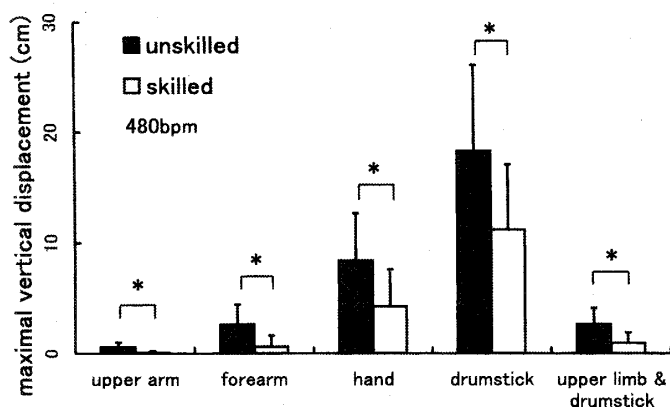


Fig. 10 Maximal vertical displacement concerning each center of gravity of upper limb and drumstick from the point at preceding impact, at 480 beats/min. The maximal displacement of upper arm, forearm, hand, drumstick, and "upper limb and drumstick" concerning skilled group was significantly smaller than that of unskilled group, respectively.

ックの重心を原点、第3中手骨頭とスティックの先端をそれぞれ支点とし、これら三点がつくる角度、すなわち、スティックの長軸と、スティックの重心と第3中手骨頭を結ぶ直線のなす角度の、叩打時の値と、前の叩打時から次の叩打時までの一周期にわたる平均値を示した。叩打時、および一周期平均値の熟練者の平均値と標準偏差はそれぞれ $150.3 \pm 20.3^\circ$ と $156.2 \pm 19.3^\circ$ 、未熟練者の平均値と標準偏差は $170.4 \pm 5.63^\circ$ と $173.4 \pm 1.04^\circ$ で、熟練者は未熟練者と比較し、叩打時の値、および一周期平均値いずれについても有意に小さかった。また、叩打時の角度と一周期の角度平均値のあいだには、熟練者、未熟練者いずれにおいても有意差はなく、未熟練者においては叩打時の値と一周期平均値の標準偏差がともに小さく、熟練者は未熟練者と比較し、統計学上有意ではない

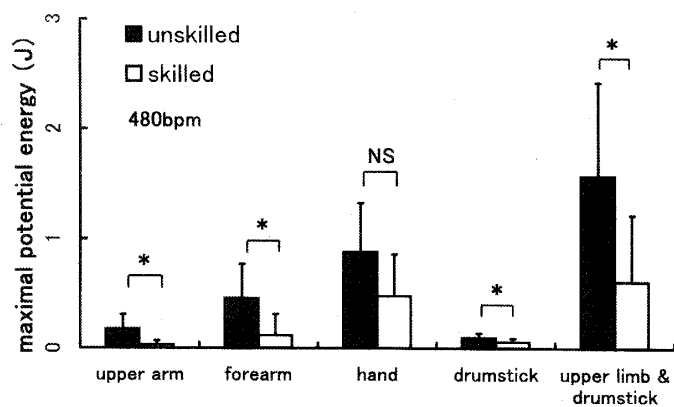


Fig. 11 Maximal potential energy of center of gravity concerning upper limb and drumstick based on the point at preceding impact, at 480 beats/min. The maximal potential energy of upper arm, forearm, drumstick, and "upper limb and drumstick" except for hand concerning skilled group was significantly smaller than that of unskilled group, respectively.

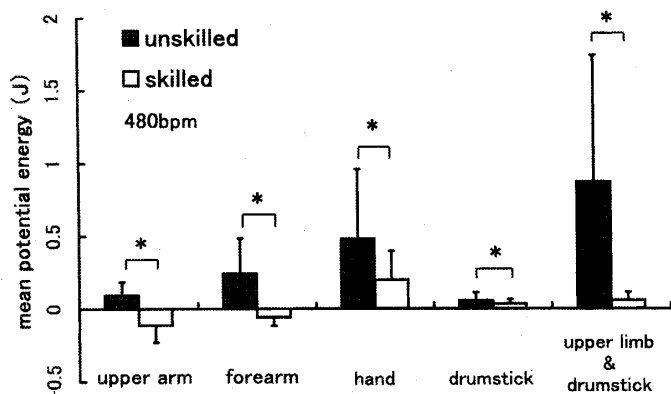


Fig. 12 Mean potential energy during the time interval from preceding to following impact, concerning center of gravity of upper limb and drumstick based on the point of preceding impact at 480 beats/min. The mean potential energy of upper arm, forearm, hand, drumstick, and "upper limb and drumstick" concerning skilled group was significantly lower than that of unskilled group, respectively.

ものの、叩打時の値と一周期平均値の差が大きかった。

第9図は、前の叩打時の位置を基準とし、上肢各関節の鉛直上方への最大挙上距離を示したものである。熟練者は未熟練者と比較し、肩関節は1%水準、肘関節と橈骨手根関節は5%水準で有意に低値であった。また、第10図には、前の叩打時の位置を基準とし、各セグメント重心の鉛直上方への最大挙上距離を示した。熟練者は未熟練者と比較し、各セグメントの挙上距離が有意に小さかった。

また、第11図のとおり、前の叩打時の各セグメント重心位置を基準とした位置エネルギー増加量の最大値は、上腕、前腕、スティック、上肢およびスティックで、熟練者が未熟練者と比較し有意に小さな値を示した。次に、第12図には前の叩打時の位置エネルギーを基準とした、前の叩打時から続く叩打時までの身体各部およびスティックの位置エネルギー増加量の平均値を示した。熟練者は未熟練者と比較し、上腕、前腕、手、スティック、上肢およびスティックのいずれの部位においても、位置エネルギー増加量の平均値が有意に小さかった。なお、熟練者の上腕、前腕の位置エネルギー増加量の平均値は、負の値であった。

考 察

本研究では、熟練者と未熟練者がスネアドラムを演奏する際、機械的効率に差があるかどうか、あるとすればその原因がどこにあるのかを明らかにすることを試みた。第1表に示したとおり、両群の身長と体重には有意差がなかった。そのため、動作上の相違が、奏法の違いではなく、単に体格の違いによるものである可能性は否定される。なお、年齢には統計学上有意差が認められたものの、このようにわずかな年齢差が、動作に影響することはないと考えられる。また、未熟練者を、ドラムの経験はないものの他の楽器経験を有するものとしたので、両群間の差異はドラム演奏に熟練しているかどうか起因するものであり、音楽全般に関する素養の差によるものではないと結論付けることができる。

これらの被験者全員に1人ずつ、同じ音響レベルでスネアドラムを叩打させ、その際のエネルギー需要量を測定することにより機械的効率を比較した。その際、叩打によりドラムの発する音響レベルをモニタし、これが一定値をとるよう被験者に音量の増減を指示した結果、第1図に示したとおり、漸増負荷テストにおける各負荷段階において、熟練者と未熟練者両群にほぼ同等の音響レベルを保持させることができた。このとき、音響レベル測定値には、ドラムの音だけではなくそれ以外の雑音(暗騒音¹²⁾)も含まれる。しかし、ドラムの叩打音が発生しない各被験者の椅座位安静時の音響レベル測定値を暗騒音の音響レベルとすると、全被験者の暗騒音の等価音響レベルの平均値と標準偏差は 42.8 ± 1.9 dBであり、1

分あたり480回の叩打により生じる等価音響レベルの平均値と標準偏差 111.3 ± 3.7 dBの約4000分の1と非常に小さく¹³⁾、暗騒音は無視できるレベルであった。

また、第2図に示したとおり、1分間に240回以下の比較的低い叩打頻度では、エネルギー需要量に差はなかった。しかし、1分間に480回の叩打頻度では、熟練者が未熟練者に比べ有意にエネルギー需要量が小さかった。つまり、1分間に480回の叩打頻度では、熟練者は未熟練者に比べ効率よく叩打動作を行っていることが明らかとなった。そこで、この差が何に起因するか検討した。

第3図に示したとおり、1分あたり480回の叩打頻度で叩打時に被験者の側面より観察したとき、肩峰から肘関節までの水平距離には両群間に有意差はなかった。このことは、熟練者は肘関節を肩峰に対してほぼ鉛直下向きに垂下させ、一方、未熟練者は肘関節を肩峰よりも後方に引き付ける傾向があったものの、両群ともにおおむね肘関節を肩峰よりもやや後方に引いた姿勢で叩打していたことを示すものである。

第4図に示したとおり、叩打時の橈骨手根関節のスネアドラム打面からの高さは、熟練者は未熟練者と比較し有意に高かった。なお、第3図で示した結果を受けて叩打時の肘関節の前後位置が両群ともほぼ同じであるとすると、肘関節角度は叩打時の橈骨手根関節の打面からの高さにより決定される。すなわち、第5図に示したとおり、叩打時に被験者の側面より観察したときの肘関節角度が、熟練者の方が有意に小さかったのは、叩打時の橈骨手根関節の位置が未熟練者より高かったためである。

また、第5図に示したとおり、叩打時に被験者の側面より観察したときの前腕とスティックのなす角度が、熟練者は未熟練者と比較し有意に大きかった。熟練者の中には叩打時にこの角度が 180° を超える、すなわち肘関節とスティックの先端を結ぶ直線より橈骨手根関節が高い位置にある者がいたが、未熟練者には一人もいなかった。また、同じく第5図に示したとおり、水平面に投影した前腕とスティックのなす角度が、熟練者では 180° に近い値なのに対し、未熟練者では有意に小さかった。これらの結果より、熟練者は叩打時に橈骨手根関節および手指関節の角度を調節し、肘関節からスティックの先端まで直線に近い形にし、スティックと比較して質量の大きな上腕、前腕の運動エネルギーを、質量の小さなスティックに効果的に¹⁴⁾ 伝え、その先端の速度の上昇を助けている一方、未熟練者は手指でスティックがうまく扱えず、握りこんで叩打していると考えられる。さらに、第6図に示したとおり、1分あたり480回の叩打頻度で、スティックの重心が最高点に達してからスティックの先端が最高点に達するまでの時間差、また第7図に示したとおり、スティックの重心が最高点に達してからスティックと水平面のなす3次元上の角度が最大になるまでの時間差は、それぞれ熟練者が未熟練者より有意に大きかった。これは、熟練者が未熟練者と比較し、あらかじめスティック

振り上げ動作によりドラムヘッドから遠ざけたスティック先端を最高点付近で残したまま手の振り下げを開始し、続いてスティックを逆方向に積極的に回転させ、これによってスティック先端の速度を増大させていたことを示すものである。

第8図に示したとおり、被験者の側面より観察した際の、スティックの長軸と、スティックの重心と第3中手骨頭を結ぶ直線のなす角度の叩打時の値と、叩打時から次の叩打時までの一周期にわたる平均値が、未熟練者は熟練者と比較し有意に大きく、 180° に近かった。これは、熟練者が手首を使用したりストショットによって叩打する^{15,16)}ため、必然的に手背部を上方に向けていたのに対し、手首を積極的に使用しない未熟練者は、スティックを握り締めて叩打するに一番自然な状態、すなわち手背部を右側方に向けていたため、側面から観察した際の角度が 180° に近くなったものである。

また、未熟練者ではこの角度の叩打時の値と、叩打から次の叩打まで一周期にわたる平均値がほぼ等しく、かつ両者の標準偏差すなわち個人差がともに小さかった。これは、叩打動作の一周期にわたり、スティックと第3中手骨頭が相対的な位置関係をほぼ変化させることなく保持されたためであるが、このことは、未熟練者が叩打動作の一周期にわたりスティックを握り締めたままであったことを示すものである。これに対し熟練者では、叩打時の値および一周期の平均値いずれにおいても、標準偏差すなわち個人差が大きく、さらに、恐らくはそのためもあって有意差はないものの、叩打の瞬間の角度より、叩打動作の一周期にわたる平均値のほうが大きい傾向が認められた。これは、スティックの先端を次の叩打に必要な位置まで上昇させる際、叩打後ドラムヘッドから跳ね返ったスティックの運動エネルギーを効率的に利用するため、スティックを手指で固定せずやや遊びを持たせて誘導するので、この時、スティックが手掌に近づいたためであると考えられる。

なお、スティックが上昇する際にこれを手指で固定しなくても、振りおろす際には積極的に手指を使って誘導せざるを得ない。すなわち、やや遊びを持たせた状態から手指で積極的に誘導する状態¹⁷⁾に移行すれば、おのずとフィンガーショット¹⁵⁾を用いることとなる。従って、熟練者はリストショットによって橈骨手根関節を掌屈させる際、ほぼ同時にフィンガーショットを併用し、中、冠、小指を屈曲させ、拇指、示指を支点としてスティックに回転モーメントを与え、その結果、効果的にスティック先端の速度を増加させていたと推測される。これに対し、未熟練者は叩打動作において手背部を右側方に向けた状態でスティックを握り締め、橈骨手根関節をあまり使用せず、手指の関節はほとんど使わず、肩関節と肘関節を使用する半径の大きな回転運動、換言すれば主にスティックの並進運動により、その先端を移動させていたと考えられる。

第9図に示したとおり、熟練者と比較し未熟練者は各関節を鉛直方向に大きく動かしていた。また、第10図のとおり、熟練者と未熟練者の各セグメント重心の鉛直上方への最大移動距離を比較したところ、熟練者と比べ未熟練者が各セグメントで有意に高値を示した。なお、ドラム演奏時には、上肢全体を使用する。しかし、叩打頻度の上昇とともに上肢の主な動作参加部位が、叩打動作に必要な仕事の小さな、手指など質量の小さい先端部に移行する¹⁶⁾。しかし、第9図および第10図に示されているとおり、1分間に480回の比較的高い叩打頻度においても、未熟練者は質量の大きな、体幹に近いセグメント、および体幹に近い関節部分を長距離移動させていた。また、未熟練者は手指をすべて屈曲させたまま、すなわちスティックを握り締めた状態で叩打するため、手指の屈曲、伸展動作を用いることができず、上腕、前腕といった質量の大きいセグメントを動かして叩打せざるを得なかったと考えられる。

また、第11図に示したとおり、各セグメント重心の、前の叩打時を基準とした位置エネルギー増加量の最大値が、未熟練者は熟練者と比較し、手を除いた各セグメントで有意に高値を示した。この結果より、スティック振り上げ動作に、未熟練者は熟練者と比較し大きなエネルギーを消費したと考えられる。次いで、第12図は、熟練者は未熟練者に比べ、すべてのセグメントにおける位置エネルギー増加量の一周期にわたる平均値が小さい、すなわち時間積分値が小さいことを示している。熟練者の叩打動作におけるエネルギー需要量が、未熟練者と比較し小さかったのはこのためでもある。

ただし、いうまでもなく上肢とスティックに与えられる位置エネルギーの増加量は、垂直変位の量のみによって決まり、所要時間の影響は受けない。しかし、上腕を垂下させた状態では、これを保持するためのエネルギー消費が不要であるのに対し、上腕をいくらかでも挙上させれば、位置エネルギー増加分の時間積分値の大小に応じ、肩関節にトルクを発生させて上腕を含む上肢を保持するためにエネルギーを消費する。上肢を挙上させるとき、前腕、手、ならびにスティックの合成重心と、肘関節との水平距離は変化するので、この合成重心を支えるためのエネルギー消費量も変化するが、いずれにせよ全体として位置エネルギー増加分の時間積分値の大小がエネルギー消費量に反映されたと考えられる。なお、熟練者の上腕と前腕の位置エネルギー増加量が負の値であるのは、熟練者においては叩打動作の大半の時間、上腕と前腕が前の叩打時よりも低い位置にあったためである。

以上より、1分間に480回という速いテンポでは、熟練者は未熟練者に比べ、小さな動作で同等の音量を生み出すという、効率のよい叩打動作を行っていることが明らかとなった。また、その理由は、次のとおりであると考えられる。

すなわち、叩打頻度が1分間に240回以下では、橈骨手

根関節および手指を使用しない場合でも叩打動作に影響は少ないため、未熟練者も熟練者と比較しエネルギー需要量に差がなかった。しかし、未熟練者はスティックを手指で握りこんだ状態で使用しているため、1分間に480回という速いテンポの場合、熟練者と同じ腕の振り幅ではスティックの先端がドラムヘッドに当たる速さが不足する。それを補うため、未熟練者は上腕および前腕を大きく動かしていた。従って、質量の大きなセグメントの動作が熟練者よりも大きい未熟練者は、熟練者と比較しエネルギー需要量が大きくなった。また、未熟練者は叩打動作に橈骨手根関節および手指をうまく用いることが出来ず、主にスティックの並進運動により、その先端を移動させていた。これに対し、熟練者は橈骨手根関節および手指を用いた叩打動作でスティックに積極的に回転運動をさせ、スティック先端のスピードを未熟練者と同程度にするためのエネルギー消費を小さくしていたと考えられる。

文 献

- 1) 山本雄一 (1998) 目で見て確認 ドラム, リットーミュージック, 34-37
- 2) 辻靖彦, 西方敦博 (2005) リズムと打拍フォームの同時測定に基づく打楽器の演奏分析, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J88-D-I No.1, 99-107
- 3) 奥平啓太, 平田圭二, 片寄晴弘 (2004) ポップス系ドラム演奏の打点時刻及び音量とグルーブ感の関連について 情報処理学会研究報告, 56, 21-26
- 4) Waadeland, C. H. (2003) Analysis of jazz drummers' movements in performance of swing groove—a preliminary report. In Proc. of the Stockholm Music Acoustics Conf. (SMAC 03), 573-576
- 5) Friberg, A. and A. Sundstrom. (2002) Swing ratios and ensemble timing in jazz performance, Evidence for a common rhythmic pattern, Music Perception, Vol. 19, No. 3, 333-349
- 6) Nunome, H., T. Asai, Y. Ikegami, S. Sakurai. (2002) Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. Med. Sci. Sports Exerc. Dec; 34(12), 2028-36.
- 7) Coleman, S. G. S., A. S. Benham and S. R. Northcott (1993) A three-dimensional cinematographical analysis of the volleyball spike, Journal of Sports Sciences, 11, 295-302
- 8) Matsuo T., T. Matsumoto, Y. Mochizuki, Y. Takada, K. Saito. (2002) Optimal shoulder abduction angles during baseball pitching from maximal wrist velocity and minimal kinetics viewpoints, Journal of Applied Biomechanics, 18, 306-320
- 9) 浅見俊雄 (1973) 巧みさ—その実験的研究—サッカーの技術にみられるPhysical ResourcesとPerformanceとの関係, 体育の科学23(5), 300-304
- 10) Asami T., H. Togari, T. Kikuchi, N. Adachi, K. Yamamoto, K. Kitagawa, and Y. Sano (1976) Energy efficiency of ball kicking, Biomechanics V., University park press, 135-140
- 11) Wood, G. A. and R. N. Marshall (1986) The accuracy of DLT extrapolation in three-dimensional film analysis, J. Biomechanics, 19 (9), 781-785
- 12) 株式会社 小野測器 (2000) 初めて騒音計を手にする方へ 騒音計とは 一概要と背景—, (株) 小野測器, 26
- 13) 日本音響学会 (2004) 音の何でも小事典 脳が音を聴く仕組みから超音波顕微鏡まで, 講談社, 282-285
- 14) 浅井武 二重振子モデル (2000) 深代千之, 桜井伸二, 平野裕一, 阿江通良 編, スポーツバイオメカニクス, 朝倉書店, 130-131
- 15) 前嶋孝 打撃動作のコントロール (1976) 浅見俊雄, 石井喜八, 宮下充正, 浅見高明, 小林寛道 編 身体運動学概論, 大修館書店, 263
- 16) 菅沼道昭 (1999) シングル・ストロークまるかじり!, Rhythm & Drums Magazine, リットーミュージック, 12月号, 38-41
- 17) 菅沼道昭 (1999) 低音パワー・アップ大作戦, Rhythm & Drums Magazine, リットーミュージック, 8月号, 53