

幼児のリズム動作における分析手法に関して

Analysis of children's rhythmic activity

鈴木 国威*・安藤 寿康**

Kunitake SUZUKI, Juko ANDO

要旨：本研究では、子供のリズム動作が生成するリズムを複数の解析手法で検討し、その結果を比較検討した。子供のリズム動作として、両手にシンバルを持たせ、音に合わせて叩かせる動作に注目した。解析方法の一つは、シンバルを叩き始めてから終わりまでの約 30 秒から 50 秒間に観察されるリズムの平均値（リズム水準）と標準偏差（リズム変動性）を検討した。またシンバルを叩き始めてから 30 までの時間間隔のみのリズム水準とリズム変動性を検討した。最後にリズム動作に角度データ解析を実施した。結果は、データの区分を変更した場合、リズム水準とリズム変動性共にやや数値が変更したが、相関係数は非常に高かった。平均角度データを検討したところ、提示された音とほぼ同じ時間にシンバルを叩いていたことが明らかとなった。他方、個人差は大きいことも示された。

キーワード：リズム動作、角度データ解析、circular statistics、幼児

序 論

人は歩行やしゃべり方などの特有のリズムを持っている。この個人固有のリズムはパーソナル・テンポ (personal tempo)、もしくは preferred tempo と呼ばれ、おおよそ 200ms から 1600ms であることが示されている (Frischeisen-Köhler, 1933; McAuley, 2010; Rimoldi, 1951)。先行研究では、パーソナル・テンポが個人内で安定している一方で、個人差が大きいことが報告されている (McAuley, 2010; Smoll, 1975)。またテンポの研究では、発達的な変化も注目されており、運動やリズムの発達 (McAuley, Jones, Holub, Johnston, & Miller, 2006; Provasi & Bobin-Bègue, 2003; Sasaki, 1997) のみならず、集団内での同調動作 (例えば会話時の体の動きや他人に合わせてダンスを踊るなど) を検討することによる社会的行動の発達 (Kirschner & Tomasello, 2009) をも研究の視野に入れている。

* すずき くにたけ 客員研究員・大阪人間科学大学人間科学部

** あんどう じゅこう 慶應義塾大学文学部

テンポの研究では、協力者の指を机やボタンなどに一定のリズムで押させるタッピング動作を検討することが多い (McAuley et al., 2006; Provasi & Bobin-Bègue, 2003; Sasaki, 1997)。他方パーソナル・テンポなどの協力者固有のリズムではなく、協力者が外部から提示されたリズムに合わせる能力を検討する際には、実験者が提示した音に合わせてタッピング動作を行わせることが多い。4歳児を対象とした先行研究においては、パーソナル・テンポがおおよそ 400ms 程度の時に、提示された音のテンポが 800ms と異なっている場合、音に合わせたタッピングは 450ms と 750ms に二つのピークを持つ分布となり (Provasi & Bobin-Bègue, 2003)、的確に音に合わせるができる子供と可能でない子供の違いが報告されている。

パーソナル・テンポやリズムを刻む動作を検討する際には、協力者がリズム運動を行っている様子を観察し、生成されたリズムを解析する必要がある。タッピング動作では、タッピングが生成するリズムの 30 回を解析にすることが多い (Repp & Su, 2013)。また、近年では角度データ解析 (circular statistics) を実施することで、リズム動作の安定性や変動性を検討する事も多い (Kirschner & Tomasello, 2009; Patel, Iversen, Bregman, & Schulz, 2009)。角度データ解析では、ある時点での出来事を周期性のある時間軸上での出来事ととらえることで、位相振動子としての解析が可能となる。具体的には、音が提示された時点を単位円周上の 0 度として設定し、動作が観察された時点を原点から円周上の点までのベクトルとして表現し、その角度を求めることが可能となる。例えば、100ms 間隔で提示されている音に合わせて、毎回 50ms 遅延して動作が行われている場合、単位円周上では動作は 180 度の角度のベクトルとして表現される。複数回の動作を平均値や標準偏差として算出する際には、角度の算術平均ではなく、ベクトルとしての取り扱いが必要となる。合成ベクトルの角度が平均値として、またベクトルの長さが変動性として取り扱うことが可能となる。

このように様々な解析手法が存在するが、それらの解析の相違は未だ不明瞭な点が多い。心理学では角度データ解析は馴染みがない解析手法であり、様々な事例を蓄積する必要性もあると考えられる。本研究では、Suzuki & Ando (In preparation) で使用された一部のデータに対し、様々な分析を適用し、その結果を比較することで、分析手法の相違に関する知見を提供することを目的とする。具体的には、20 秒以上の長い時間に行かせたリズム動作の全てを対象とした分析結果と最初の 30 回のリズム動作の分析結果を比較した。また、角度データ解析を実施した。

方 法

協力者

双生児レジストリー (Ando et al., 2013; 2006) から参加を依頼し、132 名の双子が実験に参加した。そのうち 96 名 (女児 51 名、男児 45 名) が提示された音に合わせたリズム動作を行った。参加者の平均月齢は 52.40 ヶ月 (40.9 ヶ月から 60.1 ヶ月) であった。

材 料

リズム動作を行うために金属製のシンバルを用いた (直径 6cm、重量 70g)。シンバルの中央には黒い紐が付けられていた。シンバルを叩いた時間を脳波計 (EEG-9100、日本光電) に 500Hz のサンプリングレートで記録した。リズム動作を合わせさせる音刺激の周波数は 1000Hz であり、2000Hz、16bit の分解能で記録された。音刺激はスピーカーから 100ms 間、60dB SPL

の音圧で提示され、それを 800ms 間隔で繰り返し提示された。

手続き

実験は防音室で一人の子供と実験者、場合によっては親が同室して行われた。子供はシンバルの紐をそれぞれの手に持ち、音に合わせてシンバルを叩くことを求められた。また実験者が終了の合図を送るまで、叩きつづけることを求めた。叩き続けることを求められた時間は 50 秒であったが、子供が終了の合図が送られる前にシンバルを叩くことを中止した場合には、実験を終了した。

データ処理

シンバルを叩いた時間と次のシンバルの叩いた時間との時間間隔を求めた。シンバルを叩き続けた時間が 20 秒未満であったデータは、分析から除外した。協力者ごとに、リズム動作の時間間隔の平均値をリズム水準とし、時間間隔の標準偏差をリズム変動性とした。またシンバルを叩き始めてから最初の 30 回の時間間隔におけるリズム水準とリズム変動性を算出した。各変数の類似度を検討するために、リズム水準間、リズム変動性間に指標間のピアソンの相関係数を算出した。

リズム動作がどの程度音に合わせているかを検討するために、シンバルを叩き始めてから最初の 30 回に対して角度データ解析を実施した。単位円周上の角度を 0 度から 360 度としてとらえ、音の提示時点を 0 度と設定した。音に対してのシンバルを叩いた瞬間のベクトルから平均ベクトルを算出し、その角度と長さを算出した。角度データの分布が一樣かどうか、また平均ベクトルが 0 度と同じかどうかを Rayleigh test によって検討した。

結果

シンバルを叩き続けた間の全ての時間間隔の平均リズム水準は、694.60ms (SD = 132.08ms)、平均リズム変動性は 154.79ms (SD = 134.44ms) であった。他方、最初の 30 回の時間間隔の平均リズム水準は、718.66ms (SD = 123.86ms)、平均リズム変動性は 201.01ms (SD = 207.95ms) であった。全てのシンバルの時間間隔を用いたリズム水準、リズム変動性と最初の 30 回との間に差が存在した (リズム水準: $t(95) = 3.66, p < 0.001$; リズム変動性: $t(95) = 3.89, p < 0.001$)。リズム水準において、すべてのシンバル間の時間間隔と最初の 30 回の時間間隔との相関係数は 0.92、リズム変動性においては 0.86 であった。

角度データ解析における角度の分布を図 1 に掲載する。角度の分布が一樣であるかどうかを Rayleigh test of uniformity を実施したところ、角度の分布は一樣ではないことが明らかとなった ($p < 0.001$)。平均を表すベクトルの角度は 359.75 度、変動性を表す長さは 0.14 であった。Rayleigh z test によって平均ベクトルの角度が 0 度と差があるかどうかを検討したところ、差が存在した ($z = 16.46, p < 0.001$)。ゼロではないが、0 を表す音付近にシンバルを叩いている子供が多いことを示している。

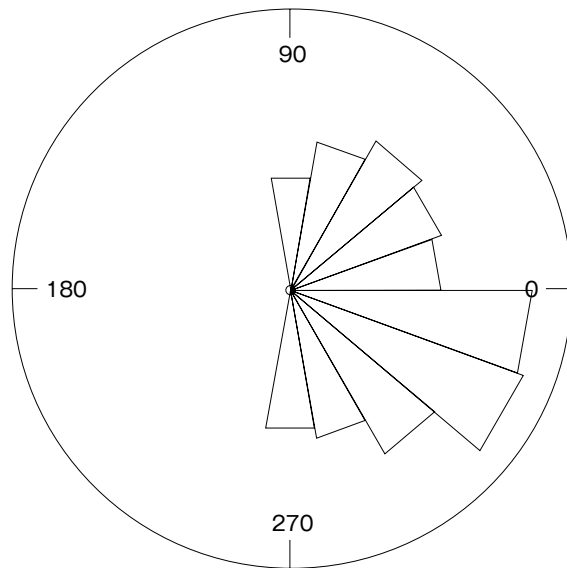


図1 音に合わせてシンバルの叩く動作における叩いた時点の分布
 注) 円周上の数値は角度を示めす。0度は音が提示された時点を表す。

考 察

シンバルを叩く動作のリズムを検討するための分析方法を比較した。長時間リズム動作（開始から約30、50秒まで）におけるリズムを全て分析対象とする場合と、シンバルを叩き始めてから31回叩くまでのリズムのみを解析した結果を比較したところ、リズム水準及びリズム変動性共に相関係数が著しく高いことが明らかとなった。他方、リズム水準及びリズム変動性ともに、全ての時間間隔を分析対象とした場合と最初の30の時間間隔を対象とした場合では異なる結果が得られている。これらの結果は、リズム動作の個人差やリズム動作と他の変数との関連性を検討する際には、データの区間はさほど影響を与えないことを示しているが、他方リズム動作に必要な情報処理過程を定量的に検討する際には注意が必要であることを示唆している。

角度データ解析を実施したところ、音とシンバルを叩いた時間との相対的な関係を検討することが可能であることが示された。本研究では、同じ時間間隔で提示されている音刺激に合わせた動作を検討したので、リズム動作が生じた時点と角度に置き換える長所はやや少ないかもしれない。しかし、日常的に観察される子供のリズム動作は、複雑な音楽が提示されている状況下で行われていることが多い。複雑な音楽では複数のリズムが織り込まれており、このようなリズムに合わせての動作を解析する際に、角度データ解析が有用であると考えられる。

心理学では馴染みのないデータ解析ではあるが、相関係数が示しているように行動の別の側面を検討することが可能となるかもしれない。例えば、1日の時間変化を単位円周上の0度から360度として捉え、日常生活の様々な出来事を検討することが可能となるかもしれない。他方、角度データ解析は有用ではあるが、一方で角度データは非線形データであるために、心理学で利用されている相関係数や多変量解析をそのまま適用することができない。今後、心理学での適用が進むためには、理論的な研究の発展はもちろんのこと、研究事例も積み上がる必要があると思われる。

引用文献

- Ando, J., Fujisawa, K. K., Shikishima, C., Hiraishi, K., Nozaki, M., Yamagata, S., et al. (2013). Two cohort and three independent anonymous twin projects at the Keio Twin Research Center (KoTReC). *Twin Research and Human Genetics : the Official Journal of the International Society for Twin Studies*, 16 (1), 202-216. doi:10.1017/thg.2012.131
- Ando, J., Nonaka, K., Ozaki, K., Sato, N., Fujisawa, K. K., Suzuki, K., et al. (2006). The Tokyo Twin Cohort Project: overview and initial findings. *Twin Research and Human Genetics : the Official Journal of the International Society for Twin Studies*, 9 (6), 817-826. doi:10.1375/183242706779462480
- Frischeisen-Köhler, I. (1933). The personal tempo and its inheritance. *Character Personality a Quarterly for Psychodiagnostic Allied Studies*, 11, 301-313.
- Kirschner, S., & Tomasello, M. (2009). Joint drumming: social context facilitates synchronization in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 102 (3), 299-314. doi:10.1016/j.jecp.2008.07.005
- McAuley, J. D. (2010). Tempo and Rhythm. In M. Riess Jones, R. R. Fay, & A. N. Popper, *Music Perception* (Vol. 36, pp. 165-199). New York, NY: Springer New York. doi:10.1007/978-1-4419-6114-3_6
- McAuley, J. D., Jones, M. R., Holub, S., Johnston, H. M., & Miller, N. S. (2006). The time of our lives: life span development of timing and event tracking. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135 (3), 348-367. doi:10.1037/0096-3445.135.3.348
- Patel, A. D., Iversen, J. R., Bregman, M. R., & Schulz, I. (2009) . Experimental evidence for synchronization to a musical beat in a nonhuman animal. *Current Biology : CB*, 19(10), 827-830. doi:10.1016/j.cub.2009.03.038
- Provasi, J., & Bobin-Bègue, A. (2003) . Spontaneous motor tempo and rhythmical synchronisation in 2½-and 4-year-old children. *International Journal of Behavioral Development*, 27 (3), 220-231. doi:10.1080/01650250244000290
- Repp, B. H., & Su, Y.-H. (2013) . Sensorimotor synchronization: a review of recent research (2006-2012) . *Psychonomic Bulletin & Review*, 20 (3) , 403-452. doi:10.3758/s13423-012-0371-2
- Rimoldi, H. J. A. (1951). Personal tempo. *Journal of Abnormal Psychology*, 46 (3) , 283-303.
- Sasaki, R. (1997). Developmental characteristics of temporal control of movement in preschool and school children of different ages. *Perceptual and Motor Skills*, 85 (3 Pt 2) , 1455-1467. doi:10.2466/pms.1997.85.3f.1455
- Smoll, F. L. (1975) . Between-days consistency in personal tempo. *Perceptual and Motor Skills*.
- Suzuki, K., & Ando, J. (in preparation) . The Etiology of Individual Differences in Rhythmic Motor Activity Tempo in Children: A Twin Study