

弦楽器のサブハーモニクス奏法による低次低調波

Low-Harmonic Generation from Subharmonics Playing of String Instruments

筑波大院¹, 東大院理², [○]伊知地 直樹¹, 川野 将太郎², 小林 研仁¹, 鈴木 琢矢¹

Univ. of Tsukuba¹, Univ. of Tokyo², [○]N. Ichiji¹, S. Kawano¹, K. Kobayashi¹, T. Suzuki¹,

E-mail: s2030036@s.tsukuba.ac.jp

【はじめに】 指で弦を押さえることで弦の振動範囲を無段階に調節することができるバイオリン属の弦楽器において高音領域に厳密な限界は存在しないが、低音側領域には弦の種類に応じた最低音が存在する。しかし、1994年にヴァイオリニストの木村まりは弦に対して弓の圧力を強く一定に保つことで開放弦よりも一オクターブ以下の音を演奏することが可能であることを示した[1]。この技法はサブハーモニクス(subharmonics)またはALF(Anomalous Low Frequency)と呼ばれ、現在では右手にかける圧力や弓の位置を調節することにより一オクターブ低い音だけでなく様々な高さの開放弦以下の音を出すことが可能であることが分かっている[2]。サブハーモニクス奏法の演奏法や異常低音の生じる原因はいくつかの文献において記述されているものの[3-5]、実際のサブハーモニクスを演奏している際の弦の振動の様子を実験的な確認は未だなされていない。本研究では、通常奏法時とサブハーモニクス時の弦振動をハイスピード撮影によって記録し、弦の空間的な振動モードを比較することでサブハーモニクスの生じるメカニズムの実験的実証を行った。

【原理】 図1. (a,b)は通常奏法とサブハーモニクス時の弦振動の模式図を示している。通常奏法の場合には、弦と弓の間のstick-slip現象が弦のHelmholtz振動一周期ごとに生じることで一定周波数の振動が生じることが知られている[6,7]。これに対し、弓に強く圧力をかけることで演奏するサブハーモニクス奏法は弓-弦間の強い摩擦によってslip現象が抑制され、通常奏法よりも弦の振動が駒に伝わる頻度が低下する。二周期に一回のslip現象が抑制される条件の時、通常奏法と比較して約一オクターブ低いサブハーモニクス現象が生じる[3]。

【実験結果】 実際に撮影したハイスピード映像の特徴的なフレームを図1. (c,d)に示す。微小な弦の振幅を強調するため、弦近傍領域のみをアスペクト比を変更して表示した。弦の中心部分とHelmholtz角をそれぞれ赤線とマーカーで強調している。通常奏法の映像(図1. (c))からはHelmholtz角の周期的運動が認められ、一周期(7フレーム)ごとに弓-弦接触点においてslip現象が生じている(画像2,9)様子が確認できた。一方で、サブハーモニクス奏法(図1. (d))においては通常奏法と同様のHelmholtz振動に加え、Helmholtz角が弓-弦の接触点に達した場合にもslip現象が生じないケースが存在することが確認された(画像7-8)。

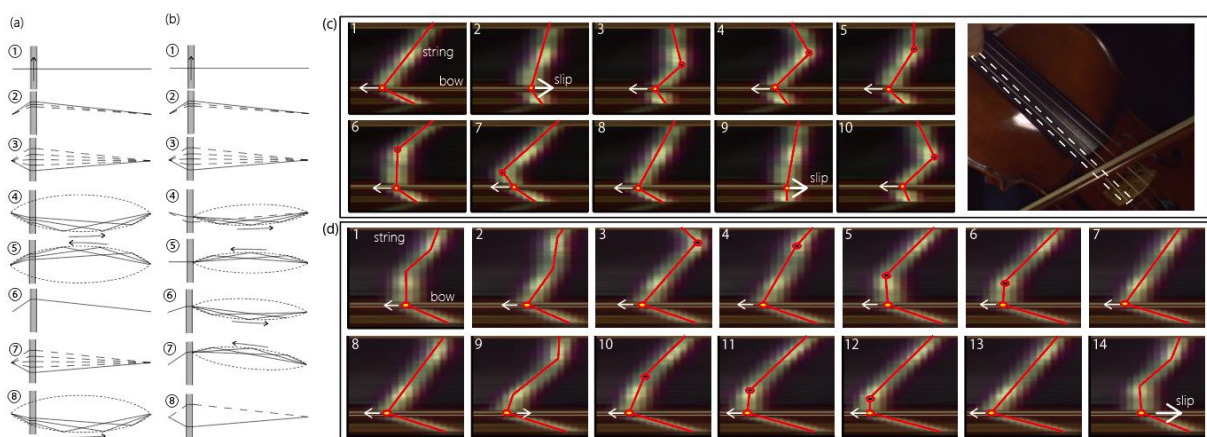


Fig. 1 (a,b) Schematic diagrams of string vibration patterns in conventional and subharmonic techniques. (c,d) Characteristic frames of (c) conventional and (d) subharmonic techniques in a high-speed movie. The direction and size of the white arrows indicate the direction and magnitude of the string motion at the bow-string contact point.

- [1] Roger J. Hanson, J. Acoust. Soc. Am. **97**, 3270 (1995). [2] M. Kimura, J. New Music Res. **28**(2), 178 (1999).
 [3] K. Guettler, Doctorate thesis, Royal Institute of Technology - Speech, Music and Hearing, Stockholm. (2002).
 [4] T. D. Rossing, The science of string instruments. New York: Springer (2010).
 [5] S. Erwin, Acta Acust. United Acust. **95**(5), 901 (2009).
 [6] J. Woodhouse, P. M. Galluzzo, Acust. United Acust. **90**(4), 579 (2004).
 [7] Ö. Akar and K. Willner, J. Vib. Acoust. **142**(5), 051112 (2020).