令和５年度研究助成 【サウンド技術振興部門】より

三次元動作分析装置を用いた演奏パフォーマンス解析と音楽家診療におけるフィードバックシステムの構築

千葉大学大学院医学研究院整形外科学・
臨床研究開発推進センター
特任助教　金塚　彩

１．背景

1980年代から欧米を中心に『パフォーミングアーツ医学（Performing Arts Medicine：PAM)』が発展し、音楽家への専門医療の提供や財団の設立、音楽大学および楽団への医師の配置、医療従事者向けのPAM研修システムの整備が進んできた。PAMとは、音楽家、ダンサー、俳優などのパフォーミングアーティストに関する医学である。アスリートへのスポーツ医学に相応するものと考えると理解しやすい。

一方我が国においては、国民の10％近くが楽器演奏を職業もしくは趣味にしており、スポーツ人口に匹敵する多さであるにもかかわらず、スポーツ医学と比較すると認知は十分でなく、専門的な診療を行う施設も少ない。しかし近年、日本においてもPAM関する研究会の存在が広く認識され始め、今後どのように発展させていくべきかという議論が進められるようになってきた。その議論に際しては、日々の地道な臨床経験の蓄積と同時に、PAM関する質の高い研究をおこなっていくことが肝要と考えている。

２．PAM外来開設までの経緯

申請者は、2009年に千葉大学大学院医学研究院整形外科教室に入局し、関連病院で研修したのち、2013年同大学院博士課程に入学し、新線凍結屍体を用いた手掌の解剖学的検討に取り組みながら、手外科グループでの研鑽を行った。2015年、61名の音楽家を対象とした疫学調

写真１　イギリスUCL大学院時代 class mateと

写真２　計測環境

査およびメディカルチェックを実施し、日本手外科学会にて発表、論文化した。当時国内でPAMについて体系的に学ぶことは難しい状況にあったため、2016年、ドイツのシャリテ医科大学の音楽家専門クリニックに短期留学し、日本での診療体制導入の参考とした。博士課程修了後、2017年から2018年にイギリスのUCL（University College London）大学院PAM学科に入学、日本人として初めて卒業し修了した（写真１）。帰国後に同大学病院整形外科手外科グループ内にPAM外来を開設させていただき、主に音楽家の上肢機能障害を中心に診療をおこなっている。

３．これまでの研究の紹介

音楽家が上肢にけがや病気が生じた際に、どのようなリハビリテーションや手術が適切なのか、これらを検討するために手外科医が参照可能な客観的指標は非常に限られている。音楽家の手術の際は解剖学的整復を徹底的に目指すこと、可能な範囲で楽器とのコンタクトエリアに皮膚切開がかからないようにすることなどが提言されているものの、個別の疾患における具体的な治療目標を定量化して評価した研究はほとんどない。

申請者は現在、演奏動作中の上肢のバイオ

写真３　プロピアニストの演奏動作解析の様子

メカニクスについて、三次元光学式動作分析システム（Vicon社製, Oxford, UK）（写真２）を用いた計測・解析に取り組んでいる（写真３）。具体的には上肢の各関節にマーカーを装着、演奏動作中の以下の各関節－肘関節（屈曲/伸展）・前腕（回内/回外）・手関節（屈曲/伸展/橈屈/尺屈）・母指（MP/IP関節：屈曲/伸展、橈側外転、掌側外転）・示指～小指（MP関節：屈曲/伸展、内転/外転、DIP関節：屈曲/伸展）－の可動域（°）および加速度（°/s）等を算出する。計測は100Hzで行い、マーカーの位置はMetcalf et alの報告（HAWK technique）に基づいて設置し（写真４）、関節角度は２平面の

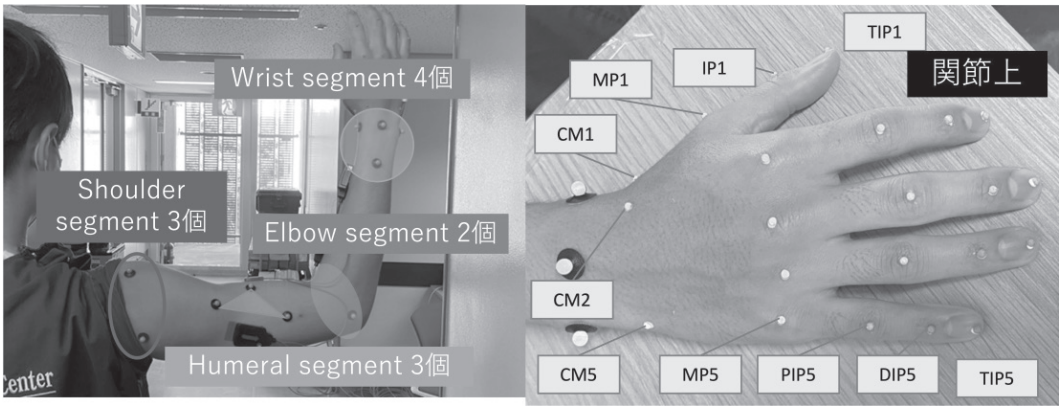

写真４　マーカー設置位置

写真５　Heberden結節に対するDIP関節固定術

投影角で算出している。

これらの計測結果を実臨床の場面に応用する例を示す。加齢に伴うDIP関節の変形性関節症であるHeberden結節は、同部位の痛みと変形が愁訴となり、手外科外来においてしばしば見かける疾患である。特に音楽家の場合は、痛みや変形によるパフォーマンス低下が主訴となる。まずは徹底的な保存加療が原則であるが、症状の制御が困難な場合にDIP関節の固定術（写真５）を考慮することがある。術前計画では、何度で関節を固定するかという点が、必ず検討項目に入る。非音楽家におけるDIP関節固定角度は、完全伸展位（０°）から10°程度の軽度屈曲位が望ましいとされるが、これらは手外科医師の経験則および日常生活に必要な動作から算出された角度であり、演奏動作を想定したものではない。

そこで我々はピアノ演奏動作の計測を実施した。計測対象動作は、基礎的なテクニック（音階、アルペジオ、トリル、オクターブ）および自由演奏とした。その結果、各テクニックにおける指の第一関節（DIP関節）の関節可動域の平均値は約10－80°（図１）であり、また打鍵の瞬間に最大伸展する傾向があった（図２）ことから、軽度屈曲位よりもほぼ伸展位（０°程度）にする方が、打鍵時のタッチの影響は少ないであろうということが推察された。もちろん関節固定によりDIP関節の可動域は０°と制限されるので、隣接関節が動きを代償して演奏することになり、演奏しにくさを０にすることはできない。それでも保存加療で症状の収束が困難な場合は、手術に踏み切るということであり、その際に参照可能なデータ基盤の構築を進めているところである。なお、本研究の計測対象数は少なく、演奏スタイルは多岐に渡るため、個別に十分に観察を行って最終的な固定角度を決定する必要がある。理想的には術前後に動作解析を行って比較することが望ましい。今後も引き続き研究に邁進したい。

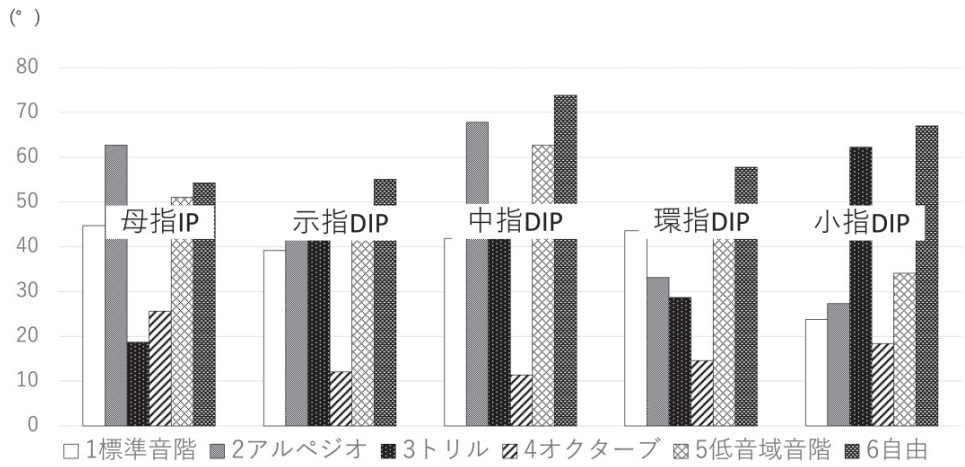

図１　各タスク中の母指IP関節から小指DIP関節の可動域

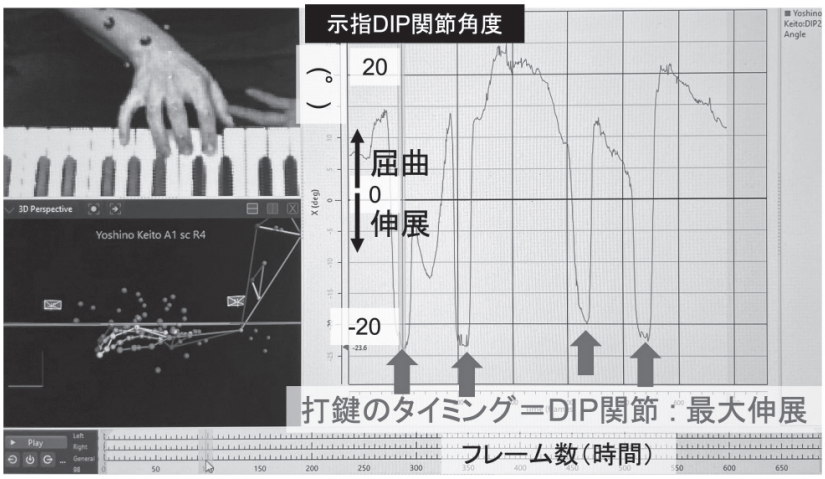

図２　打鍵時の関節角度の例（示指DIP関節）

４．本研究の取り組み

このように演奏に必要な関節可動域や筋活動を計測することで、リハビリテーションや手術の治療目標を明らかにし、また治療前後の上肢動作の変化の比較が可能になってきた。さらに本研究では、現システムに、①音の記録機能、②複雑な指の動きでのマーカーデータ欠損と誤認を減らす、③解析結果のプレゼンテーション機能を追加し、被験者である音楽家の方へのフィードバック効果を高めることで、臨床に活かせるシステムとしての運用を可能にしたいと考えている。

５．今後の展望

PAMは欧米に起源にあるが、論文や学会発

表などを通して、我々の取り組みを日本から海外に向けて積極的に発信するよう心がけていきたい。研究テーマについては、外来診療の経験を積み、そこから生まれるClinical Questionへの答えを追求するような内容で今後も進めたいと考えている。

また現在、有り難くも東京音楽大学との連携によりPAMに関する講義をする機会をいただき、若き音楽家の卵のみなさんや教職員の方々と接する貴重な時間となっている。今後もこのような友好的な交流の中でニーズを把握しながら、診療において音楽家の患者さんに還元できるように努めていきたい。