

審査の結果の要旨

氏名 酒井直隆

酒井直隆（さかいなおたか）提出の本論文は「ピアノ演奏の動作解析と手の障害」と題し、全 6 章よりなり、ピアノ演奏による手の障害の原因を、実態調査と動作解析という二つの手法を用いて解析し、さらにはその解析に基づきと予防法を提案している。

第 1 章では、研究の背景を説明し、研究の目的と論文の構成について述べている。キーボード操作を要する機械としてはタイプライターとピアノが代表的存在であり、タイプライターは 19 世紀に発明されて以来機構改良によって、操作に要する手の負担が軽減し、タイピストが頸部や肩の痛みを起す頸肩腕症候群が激減した。これに対しピアノは 18 世紀に発明されて以降打鍵機構が改良された結果、キーの重量が増加しピアニストの手に過重な負担を強いる結果となった。このためピアノ演奏による手の障害が 19 世紀末から報告され、現在もピアニストにとって深刻な問題になっている。以上を背景に、本論文ではピアニストの手の障害の実態調査を行い、オーバークース障害の原因となる演奏テクニックを抽出した上で動作解析を行って、演奏動作と障害の関係を明らかにすることを目的とした。

第 2 章では、手の障害について議論を行う準備として、手の構造について述べ、人体の運動の基本が関節運動であり、これは脳が末梢神経を通じて関節の屈筋と伸筋を収縮させることで行われることなどの医学的基礎事項についてまとめている。それに基づき、機械操作による上肢の障害は、腱鞘炎、付着部炎、筋肉痛、捻挫、関節炎、手根管症候群、肘部管症候群、頸肩腕症候群のいずれかになることを示し、各々の病態をまとめている。

第 3 章では、このような障害の原因について述べている。まず機械操作による運動器障害全般について、その原因が身体的訴因、精神的因子、作業内容の 3 つが挙げられること、このうちの作業内容には作業姿勢と作業方法の因子が存在し、人間工学による改善例を示した。

次いでこのような原因を解析するための、人の動作解析手法の先行研究を調査している。1980年代まで主流であった筋電は解像度が低いため、90年代に入ると光反射マーカを用いた動作解析が主流となった。これに対して、同氏が手指に微小マーカを装着して2台以上のビデオ画像から各マーカ位置を計算する手法を提案し、他研究者の報告によるものよりも同等以上の精度を得ている。

本研究では、ピアノ演奏における手の障害の原因を明らかにすることを目的の一つとしているが、そのための基礎データとして、第4章では、障害の実態調査を行い、その結果について述べている。ピアニストのオーバーユース障害の実態調査では腱鞘炎および腱炎が28%、付着部炎24.5%、筋肉痛19%、関節痛12%、神経障害14%、頸部および肩甲部痛2.5%であった。オーバーユース障害の原因となったピアノ演奏テクニックは、オクターブと和音が全体の74%を占めていた。オクターブと和音に共通するのは母指と小指を外転させたまま打鍵することであり、この動作がオーバーユース障害に関係するものと考えられた。なお、ピアノ機構の発展の結果手の負担が増加した歴史についても述べている。

第5章では、第4章で明らかになった障害を引き起こす演奏テクニックについて、ピアニストの手の動作解析を行っている。三次元動作解析装置 **Expert Vision System** をベースとして計測システムを構成し、直径3mmの反射マーカを被験者の右中指背側、手背、前腕背側に貼り付け、ピアノ演奏を4台のビデオカメラで撮影し解析した。ピアノの基本テクニックである音階と和音の演奏動作では、音階がMCP関節の屈伸で打鍵されていたのに対し、和音では手関節の屈伸が中心であった。オクターブと和音演奏時の母指と小指の外転角の解析では、打鍵の瞬間のみに最大外転して手の緊張を最小限にとどめていたが、この現象をピアニスト自身は自覚していなかった。また手の小さいピアニストはオクターブ演奏に際し、母指を外転させてハンドスパンを補っており、この事実はオーバーユース障害が母指の伸筋および外転筋に多く発生することを裏付けていた。椅子の高さがピアノ演奏に及ぼす影響について解析したところ、椅子の高低による前腕の傾き角の相違は、手関節の屈曲角によって調整され、その結果指先がピアノのキーを打鍵する角度は一定に保たれていた。

第6章では考察と結論を述べている。実態調査と動作解析の結果の概要を述べるとともに、ピアノ演奏による手のオーバーユース障害の予防策を検討している。その内容は母指と小指の外転ストレッチ体操と、外転筋および伸筋の筋

力強化を行うとともに、打鍵時のみ外転させる訓練を表面筋電をフィードバックとして行わせる。また手の動作解析の今後の展望として、高速度ビデオカメラの導入、力学的解析、筋電の併用などが考えられた。

以上を要約するに、本研究により、ピアノ演奏による手のオーバーユース障害の実態が明らかとなり、原因となったピアノテクニックの動作解析を行うことでオーバーユースの機序が解明された。また、これを元にして障害の予防策も明らかとなった。本研究は楽器と手の間のマン・マシン・インターフェースの問題解決に大きな貢献をしたと同時に、動作解析の、機械による運動器障害の原因解明への有用性を実証し、今後の課題についても明らかにした。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。