

論文内容の要旨 Abstract of Dissertation

氏名Name 木本 理可

心拍は自律神経系や内分泌系による調整を受けて、体位、運動、精神活動等の状態に応じて常に変化する。また、安静時のような、生体に対する外乱が存在しない状態でも、正常なヒトの心拍は一定にはならず、その平均値を中心として絶え間なく増減を繰り返している。この持続的ゆらぎを心拍変動（Heart Rate Variability; HRV）と呼ぶ。HRVは非侵襲的に簡便にデータが取得できることに加え、近年ではユーザーの負担を軽減させたウェアラブルセンサ等も普及している。

本研究では、その有用性が注目されているHRV解析の健康・スポーツ分野への応用とシステム化を目的とし、HRV解析を用いた至適運動強度同定の可能性を探るとともに、運動前後の短時間測定および運動中のリアルタイム測定による自律神経系機能評価の信頼性、実用性そして構築したシステムの有用性について検討を行った。

第1章では、序論としてHRVおよびその関連研究についてまとめ、本研究の意義と目的を述べた。これまでも、自律神経系機能評価に用いられてきたHRVは、非侵襲的にデータが取得でき、ユーザーの負担を軽減させた加速度脈波計やウェアラブルセンサ等も普及してきたことで、医学・生理学分野をはじめ、幅広い分野で活用される魅力的なパラメータであることを示した。また近年では、運動負荷レベル評価にHRV解析を用いている研究もあるが、その妥当性についてはより詳細な検討が必要であることに加え、HRVは他のウェアラブルセンサ等との同時・並列計測・解析により、新たな知見が得られる可能性についても確認された。

第2章では、HRV解析を用いた簡便で効果的な至適運動強度の新規同定法の確立を目指し、漸増負荷運動時において、ウェアラブル心拍センサを用いたHRV解析を呼気ガス分析と同時に経時的に行い、パラメータの変化について分析を行った。その結果、比較的簡便にATに関連した至適運動強度を推定できることが示唆され、その有用性が確認された。また、呼気ガス分析によって得られたATよりもHF減衰のタイミングが早いことから、HRV解析は呼気ガス分析と比較して、身体への刺激をより鋭敏に判定できる可能性があり、 ΔRRI 等を活用することにより、個人に合わせた安全で効果的な至適運動強度を同定できる可能性が示唆された。

第3章では、HRV短時間測定のスポーツ分野への活用を目的として、加速度脈波計を用いたHRV測定をヨガレッスンの前後に実施し、一過性運動時における自律神経系機能評価の有効性を検討した。その結果、女性において90～120分間のヨガレッスンを実施することは、自律神経系機能をバランスよく整えられる可能性が示唆された。また、ヨガは継続的に実施することにより、加齢に伴う自律神経系活動の低下を抑制できる可能性が示唆された。一過性運動時における自律神経系機能評価から多くの有意義な結果が得られたことは、手軽で負担の少ないHRV短時間測定のスポーツ分野における有用性を大いに支持するものであった。

第4章では、HRVを用いた新たなパフォーマンス評価システムの構築を目的とし、運動中のHRVリアルタイム測定と機械力学情報を活用したヒト生理情報の同期・並列計測を行うことで、アルペンスキー競技に必要となる技術・体力・メンタルの3要素の評価実験を行った。その結果、HRV解析を用いたメンタル的側面では、より有効な指標の検討が課題となったものの、いずれの要素においても一定の定性的な評価が可能であることが示唆された。また、HRV計測・解析については、他のパラメータとの同期並列計測によって、その有用性が高まることから、本研究で構築したシステムは、画期的な計測・解析システムであると考えられた。

第5章では、第4章で開発したスキー・レーシング・パフォーマンス評価支援システムの実装実験として、構築したシステムの応用・展開を行った。スキー・レーシング・パフォーマンス評価支援システムの精度・汎用性の高さを確認するために、HRV測定・解析以外の高い精度が求められる対象領域での実装実験として、機械力学信号の計測・解析部を用いて、クロスカントリースキーの諸特性について検討を行った。その結果、シミュレータが目的とする振動周波数を暴露可能であること、高次の振動周波数が動摩擦係数を低下させることが示唆された。また、クロスカントリースキー板中央部の扱いが、シットスキー開発に重要なポイントとなることが示唆された。これらのことから、第4章で開発したスキー・レーシング・パフォーマンス評価支援システムの精度・汎用性の高さが確認された。

以上により、HRV解析を用いた自律神経系機能評価は、個人に合わせた簡便で効果的な至適運動強度同定への有用性、運動時における短時間、リアルタイム測定の実用性の面から、今後も健康・スポーツ分野への応用が期待される指標であることを裏付けることができた。さらに、構築したシステムは、精度・汎用性の高さが確認されるとともに、HRV計測・解析は、他のパラメータとの同期並列計測によって、その有用性が高まることから、画期的な計測・解析システムと考えられた。