

# 論文の内容の要旨

森林科学専攻

平成29年度博士課程入学

氏名 藤井美由紀

指導教員 仁多見俊夫

論文題目 歴史的環境保全地域における歩行負担を考慮した山岳歩道のトレッキング利用  
(Trail for Trekking Considering Exercise Load (METs,bpm) in Historic Nature Conservation Area)

本研究では、「歩く」という日常的な行為を通して、心不全や生活習慣病、高齢化など比較的身近な疾患や誰もが免れない現象について、医学的知見に基づき歩行者自身の自ら取り組むことができる健康維持・増進、心臓リハビリテーション（二次予防）のための山岳歩道における運動指針を示した。一方で、その山岳歩道の転倒リスクについても歩行とIoTデバイス（mapry）で取得した路面テクスチャ情報を解析し新しい評価方法を得た。

健康維持・増進、生活習慣病の改善などの効果については、今後もこの研究場所での継続的な臨床研究が必要である。また、歴史的環境保全地域においては、山岳歩道を歩く行為自体が、山岳歩道の管理に繋がる、利用と管理が一体であることを示した。

第1章では、研究の背景、山岳歩道の定義、先行研究とその課題、研究の目的について論じた。1982年林野庁が森の健康・保養活用である「森林浴」を提唱してから、COVID-19パンデミック下においても森林環境は心身リフレッシュや社会的距離が確保できるリスクの低い運動環境として注目されている。一方で、近年の登山散策ブームにより山岳遭難者、特に自分の体力や技量を把握できない中高年層で増加している。また、高齢化に伴い心不全が世界中で増加し、心不全パンデミックと呼ぶべき事態が進行している。高齢化率(29.1%)世界1位の超高齢国家・日本では、心不全がある人120万人と推定され、年間8万人以上が心不全により死亡している。こうした心臓疾患患者の増加とともに心臓リハビリテーション（二次予防）のニーズが増加している。

超高齢社会を根底とした2つのパンデミックの問題を背景に、本研究では、森林環境を構成する要素である「山岳歩道」に注目した。山岳歩道は、各省庁の所管道路を含む「道路法の道路」「林道」「公園道・園路」「里道」「市道」「農道」等が混在し構成されているが、本研究では「山岳歩道」を自然公園などの山岳・探勝歩道と定義する。森の健康・保養活用として、今までに、「リラクゼーション」「免疫機能改善」に関する研究知見は得られている。

一方で「健康維持・増進」「心臓リハビリテーション（二次予防）」に対する疫学及び介入による効果の検証は現在、未解決のままである。

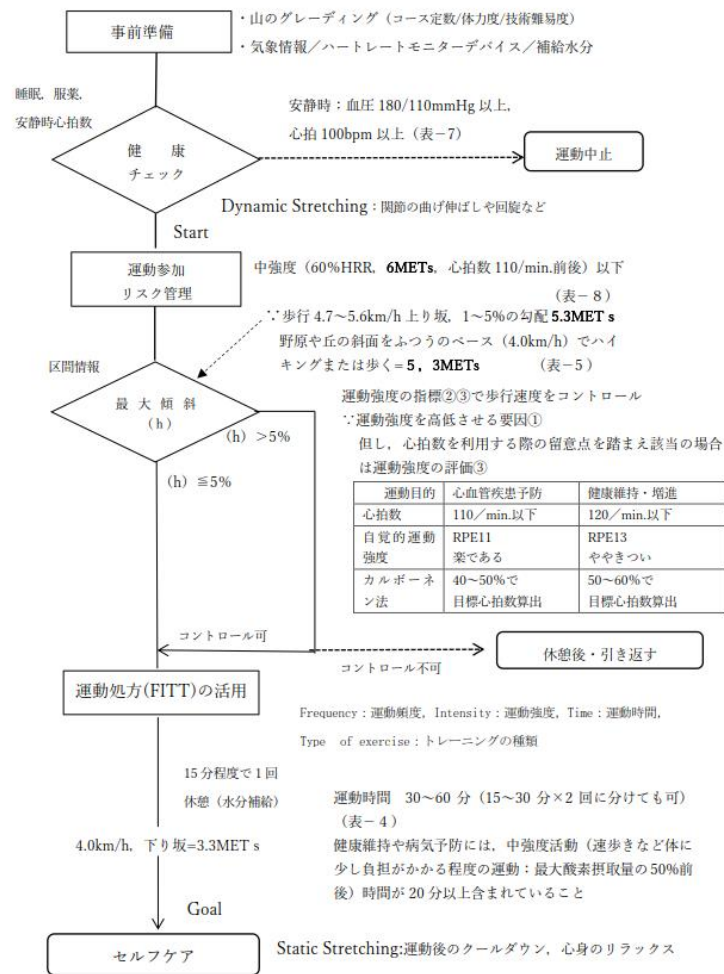
本研究では、山岳歩道における歩行による健康維持・増進と心臓リハビリテーション（二次予防）利用を目的に、(1) 歩行者の安心のための歩行指針の策定と(2) 安全のための路面管理評価手法を新たに構築した。これらの検討成果を基に、(1) のエビデンスを獲得すべく、(2) の評価手法により臨床研究コースを設定し、(1) の歩行指針に従った(3) 臨床研究プログラムを構築した。

第2章では、(1) の研究の方法と結果、その価値評価について論じた。本研究実施地は、和歌山県田辺市が管理する熊野の郷古道ヶ丘から熊野古道中辺路へのルート A、熊野古道中辺路から古道ヶ丘へのルート B の3ルートの周回コースとした。

(1) の歩行者自ら歩行負担をコントロールする安心トレッキングのためのコース利用指針の策定では、山岳歩道の縦断面情報を基にモデルコースを設定し、運動強度 (MET s) と心拍数 (bpm) を指標とし、運動処方 (FITT) を活用することで、歩行負担を考慮し自身で体力に合わせた歩行が可能となる。

(1) のコース側の要素として、まず、山岳歩道をほぼ同勾配区間毎に区切り、国土地理院基盤地図情報 10 メッシュ標高データに基づき、山岳歩道断面から各ルートの区間情報を算出した。歩行開始時の心臓への負担を軽減するために、(e) 累積勾配(+)が | ルート A | < | ルート B | であることから周回方向は、ルート A → 熊野古道 → ルート B と設定した。各ルートの体力的難易度をコース定数によって算出した。【コース定数 =  $1.8 \times (d)$  推定時間 +  $0.3 \times (b)$  沿面距離 +  $10 \times (e)$  累積標高 +  $0.6 \times (f)$  累積標高 (-)】モデルコースの路線距離は 1.8km、所要時間約 30 分である。また、利用歩行者の運動強度を心拍数を用いてコントロールするため、心血管疾患の危険因子に基づき運動参加のリスク判定を検討した。運動強度を医師の許可が不要である中強度 (60%HRR, 6METs, 心拍数 110/min.前後) とした。これより歩行者個別にカルボネン法により【目標心拍数 =  $(220 - \text{年齢}) - \text{安静時心拍数} \times \text{運動強度}(\%) + \text{安静時心拍数}$ 】を算出する。目標心拍数 > 110/min. の場合は、110/min. とする。また、疾患や服薬などにより心拍数を用いることに注意が必要な歩行者には自覚的運動強度 (RPE, Borg scale) を用いる。歩行前に安静時の血圧が 180/110 mm Hg 以上の歩行者は、歩行の参加を中止とする。MET s 表では、歩行 4.7~5.6 km/h 上り坂、1~5% の勾配の運動強度は 5.3MET s となっており、モデルコースの勾配 5% 以上の箇所では、運動強度を心拍数もしくは RPE を指標に歩く速度で歩行者自らコントロールする。コントロール不可の場合は、速やかに歩行を中止し休憩をとる。通常は、運動処方 (FITT) (運動頻度・運動強度・運動時間・トレーニングの種類) を活用し、歩行 15 分程度で 1 回休憩をとることとする。

これまでの手法を汎用性のある手法として「安心トレッキングのコース利用指針」を策定した。これに基づいたモデルコース利用では、モデルコース運動マネジメントスケジュールを作成した。



図：安心トレッキングのコース利用指針

歩行中の脱水量はエネルギー消費量から推定【エネルギー消費量 kcal = コース定数 × (体重 kg + 荷物 kg) = 脱水量 ml】で算出した。歩行に携帯する補給水分は、天候等にもよるが算出した数量より多く持参する必要がある。運動管理指針「安心トレッキングのコース利用指針」に従えば、勾配の厳しい箇所でも歩く速度を変えることで、山岳歩道を改変することなく健康維持・増進や心臓リハビリテーション（二次予防）のための歩行に利用することができる。山岳歩道を新規開設・改変し、これらの利用に供するためにモデルコースを勾配5%以下、コースの幅員2mとした場合、田辺市林道開設事業費予算を参考に算出すると事業費1億4216万5千円となる。なお、運動管理指針の医療経済学的評価のためには（1）の手法のエビデンスの確立が必要となる。

第3章では、（2）の方法と結果について論じた。「路面凸凹状態による歩行動作の安全性」を比較するため「路面テクスチャの異なる2区間の比較評価」の検討を行った。比較すべき路面情報の取得には、タブレット型LiDAR機器（mapry）を用い路面表面のデータ（PCD: 点群データ）を取得した。歩道面をレーザースキャンし、路面表面の形状をPCDとして捉

えた。路面画像はスマートフォンで取得する。PCD は計測開始点からの相対位置を進行方向に沿って奥行 (x), 左右 (y), 表面地盤高 (z) として記録 (単位m) される。

取得したデータを①路線始点-地表計測点直線を設定し, ②地表計測点凹凸を PCD から算出する, ③視点からの距離-中心線標高の関係をフーリエ変換し, ④FFT によるパワースペクトル密度算出により路面の凸凹程度, 周期 (間隔=頻度) を検討する。

比較評価にはルート A の粗滑に差のある区間 A1 と A2 の路面テクスチャ情報を取得して比較した。横軸の周波数 (1/m) のピークの間隔, 頻度, 高さにより路面の粗滑を把握した。この評価法により, その山岳歩道の路面のつまずきやすさに基づく転倒リスクを数量的に評価することができ, 山岳路面の安全歩行への維持管理に活用することができる。

第 4 章は, (3) の方法と結果について論じた。(1) (2) の検討成果を用いて, 臨床研究コース設定し, 臨床研究コース運動マネジメント表を作成した。そのエビデンスを得るべく, 臨床研究計画書, 研究説明書を策定し臨床プログラムを検討した。

研究デザインは, 観察研究-コホート研究-前向き (研究対象に対して介入 (投薬や治療など) を行わずに, 観察によってデータを集めて解析を行う研究デザイン) とし, エビデンスレベル (研究の吟味において重視される研究方法をわかりやすいように類型化して信頼度の目安。高 1→6 低) は 4 である。対応のある t 検定を主解析として, 標準効果量  $d=0.5$ ,  $\alpha$  エラー=0.05 (両側検定),  $\beta$  エラー=0.2 に設定し, 算出したサンプルサイズは 26 である。臨床研究コースでの運動管理指標は (1) で得たものであるが, 臨床参加者に CPX (心肺運動負荷試験) を実施し, 狭心症の検出, 運動誘発生不整脈の評価を行い, 臨床参加者の安全を図ることとした。

第 5 章は, 本研究の総合考察である。本研究では, 歩行により山岳歩道での健康維持・増進および心臓リハビリテーション (二次予防) のための運動指標と山岳歩道の新たな管理手法を明らかにした。運動指標は, その活用において, 山岳遭難者の減少, 今まで歩行できないと考えられていた新たな山岳歩行者の誘客, 管理手法においては, 山岳歩行者にルートの詳細情報を提供し, 安全な山岳歩行に寄与する。