

博士論文

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)

藤井 美由紀

目 次

| | |
|------------------------|----|
| はじめに | 1 |
| 第1章 森と人のかかわりと効用 | |
| 1. 研究の背景 | 7 |
| 1) 先行研究とその課題 | |
| 2) 山岳歩道の定義 | |
| 2. 山岳歩道を取り巻く環境 | 9 |
| 1) 登山・散策での遭難 | |
| 2) 心不全パンデミック | |
| 3. 山岳歩道に期待される公益サービス | 19 |
| 1) 心臓リハビリテーション（心臓リハビリ） | |
| 2) 歩行（有酸素運動）の有効性 | |
| 3) 山岳歩道の優位性 | |
| 4) 山のグレーディング | |
| 4. 考 察 | 23 |
| 第2章 山岳歩道の安心利用 | |
| 1. 調 査 地 | 25 |
| 2. 調査項目及び条件設定 | 36 |
| 1) コース利用対象者 | |
| 2) 気象条件と補給水分量の算出 | |
| 3) モデルコースの設定 | |
| 4) モデルコースの運動評価 | |
| 5) コース縦断勾配の検討 | |
| 6) コース周回方向の検討 | |
| 3. 結 果 | 47 |
| 1) 安心トレッキングのための利用指針 | |
| 2) モデルコースの状況 | |
| 3) 運動マネジメント表 | |
| 4) 運動管理手法の経済的な評価の検討 | |
| 4. 考 察 | 57 |
| 第3章 山岳歩道の安全利用 | |
| 1. 先行研究の方法 | 62 |

| | |
|--------------------------|-----|
| 2. 研究の方法 | 64 |
| 1) 路面テクスチャデータ取得 | |
| 3. 結果 | 65 |
| 1) 各ルートの路面テクスチャ | |
| (1) コースA | |
| (2) コースB | |
| (3) 熊野古道(中辺路) | |
| 4. 結論 | 74 |
| 1) 解析の手順 | |
| 2) 解析の結果 | |
| 5. 考察 | 79 |
| | |
| 第4章 臨床研究の構築 | |
| 1. 臨床研究計画立案の留意点 | 81 |
| 1) 研究デザイン | |
| 2) エビデンス・レベル | |
| 3) バイアス | |
| 4) サンプルサイズ | |
| 5) 臨床コース | |
| 2. 臨床研究計画のデザイン | 89 |
| 1) 臨床研究体制 | |
| 2) 研究計画書のデザイン | |
| 3. 緊急時対応 | 106 |
| 4. 考察 | 107 |
| | |
| 第5章 まとめと総合考察 | |
| 1. 新たな知見と社会的意義および波及効果 | 111 |
| 2. 今後の課題 | 112 |
| 1) 臨床研究フィールドの確保 | |
| 2) 緊急時対応体制の構築 | |
| 3) 山岳歩道管理手法の進化と山岳歩道情報の提供 | |
| | |
| 引用文献 | 115 |
| 【資料】 研究説明書 | 119 |
| 謝辞 | 129 |

はじめに

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（METs）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 $|\text{ルート A}| < |\text{ルート B}|$ 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ーン法により【目標心拍数 $= (220 - \text{年齢})$

－ 安静時心拍数) × 運動強度 (%) + 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。

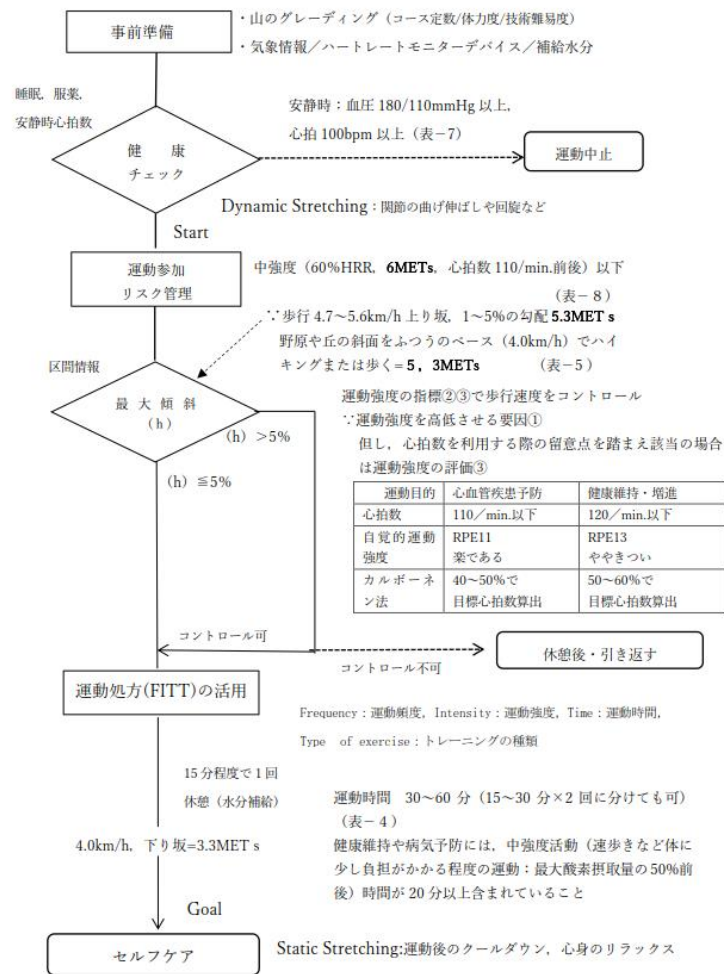


図: 安心トレッキングのコース利用指針

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 2 m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 $d=0.5$ 、 α エラー=0.05(両側検定)、 β 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。また、山岳歩道の路面テクスチャ情報を可視化する山岳歩道の新たな管理手法を提示した。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。

第1章 森と人のかかわりと効用

日本の森を健康・保養は、「地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について(答申)」(日本学術会議 2001)の農業の多面的機能の貨幣評価の試算結果において、保健休養やすらぎ機能として、家庭支出(旅行費用)により算出し、機能のごく一部を対象とした試算であるとしつつも、2兆3,758億円/年と評価されている。

1982年林野庁が「森林浴」を提唱以降、近年では中高年を中心に登山・散策がブームとなっているが、森林環境は心身リフレッシュや生活習慣病予防の面から2020年から現在まで続く「COVID-19パンデミック」下においても、社会的距離の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。

世界を取り巻く、もうひとつのパンデミックは「心不全パンデミック」である。これは、高齢化に伴う現象であり、高齢化が進む特に先進国共通の問題である。心不全は「心臓の働きが低下し、心臓に負担がかかった状態」を指す言葉で、いろいろな心臓病によって起こる、最終的な状態で、心不全の原因として多いのは、冠動脈疾患、弁膜症、心筋症、高血圧症、不整脈など。」と国立循環器病研究センターでは定義している。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、年間8万人以上が心不全によって死亡し、心臓疾患患者の増加とともに心臓リハビリテーションのニーズが増加している。心臓リハビリテーションでは、スムーズな社会復帰や疾患の再発および悪化を予防するために、運動療法のほか、食事療法や禁煙を含む生活習慣の改善をおこなっている。

1. 研究の背景

森の健康・保養機能は、2つのパンデミックにおいて、人にどのような公益サービスを提供ができるのか、本研究では、登山・散策ブームを踏まえ、森林環境を構成する要素である「山岳歩道」に注目し、その貢献について検討をおこなう。

1) 先行研究とその課題

日本の森を健康・保養に活用しようと 1982 年林野庁が「森林浴」を提唱して以来、1999 年「森林療法」(上原巖:東京農業大学)、2004 年「森林セラピー研究会」(林野庁・厚生省、後に 2008 年 NPO 森林セラピーソサエティー)、2006 年「森林医学」(林野庁・環境省)、2007 年「自然セラピー」(宮崎良文:千葉大学)、2007 年「日本衛生学会・森林医学研究会」(李卿:日本医科大学)と主に農学及び公衆衛生学の分野で研究されている。

各研究者は、森林療法は「森林環境を活用して、病気になりにくい身体や心をつくる自然療法の一つである。」、自然セラピーは「自然環境(要素)がもたらす生理的リラックスならびに免疫機能改善効果」、森林医学は「森林系環境要素がもたらす人の生理的効果」とそれぞれ定義し、科学的な検証をおこなっている(図1-1)。

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、十分な知見が得られていない。

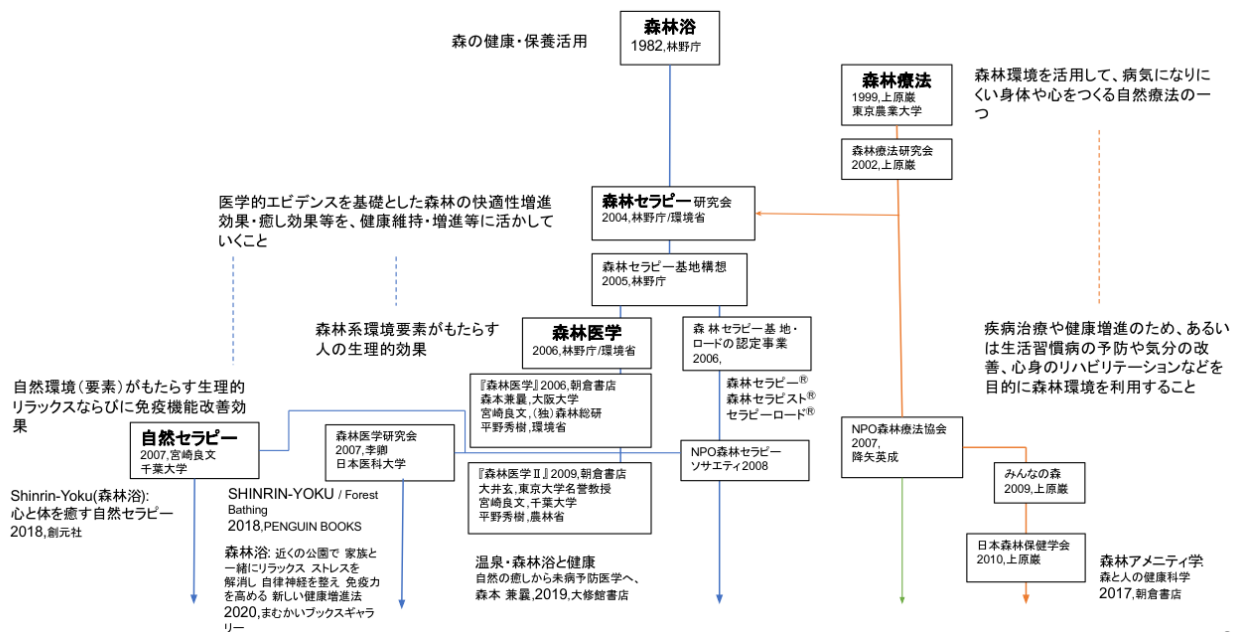


図1-1 先行研究の系譜

2) 山岳歩道の定義

本研究では、登山・散策ブームの負の面の問題解決を前提とし、森林環境の構成要素である「山岳歩道」に注目する。林道は、林業を行ううえで欠かせない重要な生産基盤であり、「林業的機能」（この機能は、さらに「施業機能」「輸送機能」「到達機能」に分類される）のほか、生活道路や迂回路、観光、レクリエーションなどの「公道的機能」も有する（佐藤，2017）としている。

また、環境省の定める「自然公園等施設技術指針」第3部 施設別技術指針 第1章 歩道では、自然公園等の歩道を「歩道の分類毎の定義と留意事」として次のように分類し定義している。

a 探勝歩道

自然観察、自然探勝を行うための徒歩利用の用に供される歩道をいう。特別な経験や技術を持たないが、ある程度の体力と装備を有する公園利用者を想定し、自然環境の保全と良質な自然体験の確保に十分留意するものとする。

b 登山道等

登山若しくは自然海岸の縦走など、自然との深いふれあいのための徒歩利用の用に供される歩道をいう。地域特性を踏まえ、読図能力などの相応の経験と技術、体力と装備を有する公園利用者を想定し、自然環境の保全と適正利用の観点から必要最小限の整備を実施するものとする。

本研究における山岳歩道は、各省庁の所管道路を含め道路の種類（図1—3）にみるように実際は、「道路法の道路」「林道」「公園道・園路」「里道」「市道」「農道」などが混在し構成されている。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。

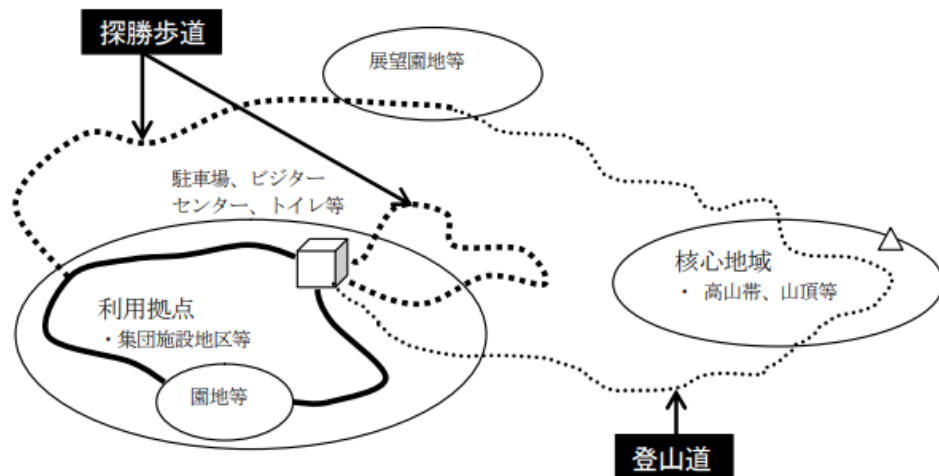


図1-2 各歩道タイプのエリア概念図

出典：環境省,自然公園等施設技術指針（平成25年7月制定,令和2年3月

表1-1 歩道概念区分

| 利用目的・形態 | 歩道タイプ (大区分) | 歩道タイプ (小区分) | 立地環境等 | 主たる利用者層 | 整備の イメージ |
|---|----------------|----------------|---|--|-----------------------|
| 登山、探検・探索 トレッキング等 大自然の中で過ごし、 より深く、密接な自然 体験を得ることを目的 とする。 | 登山道 | バリエーション ルート | 高山帯、岩稜部等 | 上級登山者 (登山家、探検家) | 無整備 |
| | | 山稜・高山帯 ルート | 高山帯、山稜 (ガレ場、岩場) | 中級以上の登山者(登 山歴があり、必要な技 術等を判断できる者) | 無整備 補修・修復 |
| | | 山麓・樹林帯 ルート | 樹林帯、山麓、低 山地 | 初級以上の登山者、団 体登山者(基礎的な登 山技術を備えた者) | 無整備 補修・修復 自然同化型 |
| | | 草原・湿原 ルート | 草原、湿原、希少 生物生息地等の 保全対象地、原生 的自然域 | 上記利用者層全て | 無整備 補修・修復 自然同化型 |
| 自然探勝 自然ふれあい 豊かな自然の中で自然 に親しむなどのふれあ いを目的に利用する。 | 探勝歩道 | | (山地、丘陵地、 里地、海浜地等) | (ハイカー、ファミリ ー、グループ、学校、 自然愛好家等) | - |

出典：環境省『自然公園等施設技術指針』（平成25年7月制定，令和2年3月改定）

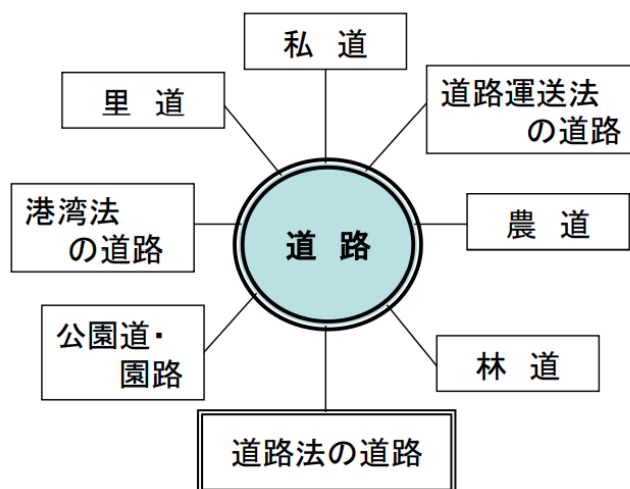


図 1 - 3 道路の種類

出典：国土交通省『道路行政の簡単解説』

2. 山岳歩道を取り巻く環境

1) 登山・散策での遭難者

COVID-19 感染予防のため外出が減少し、運動不足による生活習慣病(NCDs :Non-Communicable Diseases)の悪化、精神面の悪化など子供から高齢者まで影響が見られる。この COVID-19 パンデミック下においても森林環境、社会的距離の確保でき、心身ともにリフレッシュできる運動環境として注目されている。

近年からの中高年を中心とした登山・散策ブームにより、登山の目的がレクリエーション化したことで、登山遭難者が増加しているおり、地元自治体の財政に影響を与えている。「山岳及び高原に係る費用 利用者負担のあり方についての検討結果報告書 平成 26 年 6 月(2014 年)」によると、長野県における山岳・高原に係る事業経費①山岳遭難防止のための経費、②山岳遭難救助活動のための経費、③山岳環境保全のための経費の総額は 639,311 千円(内、国庫補助額 169,339 千円、県職員の人件費は含まず。)で、登山者・遭難者はともに増加しており、今後、更に負担が増加していくことが予想されると報告している。

登山人口はピーク時 2008 年 1,230 万人から 2018 年 680 万人と半減しているが、遭難者は 1.5 倍に増加している（図 1-4）。2018 年夏季（7 月から 8 月）と 2020 年同季の遭難者は、前者が 793 人に対し後者はコロナ禍中にも拘わらず 541 人であった（表 1-2）。その年齢は 50 歳以上が 60% を占め、「道迷い」30%、「病気」13%、「疲労困憊」10%（図 1-5）と体力の低下を意識しない中高年層や初心者である（警察庁 2009,2018,2020）。

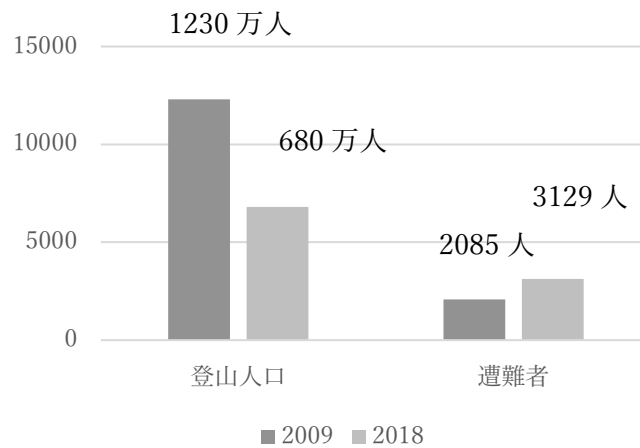


図 1-4 日本の登山人口と遭難者

出典：登山人口：公財）日本生産性本部『レジャー白書』
 遭難者数：警察庁『山岳遭難の概況』

表 1-2 夏季登山遭難者数

| 夏季（7～8月） | 遭難者数（件） | 死者 | 行方不明者 |
|----------|-----------|-----|-------|
| 2018年 | 793人（721） | 54人 | 17人 |
| 2020年 | 541人（470） | 41人 | 6人 |

出典：警察庁『山岳遭難の概況』

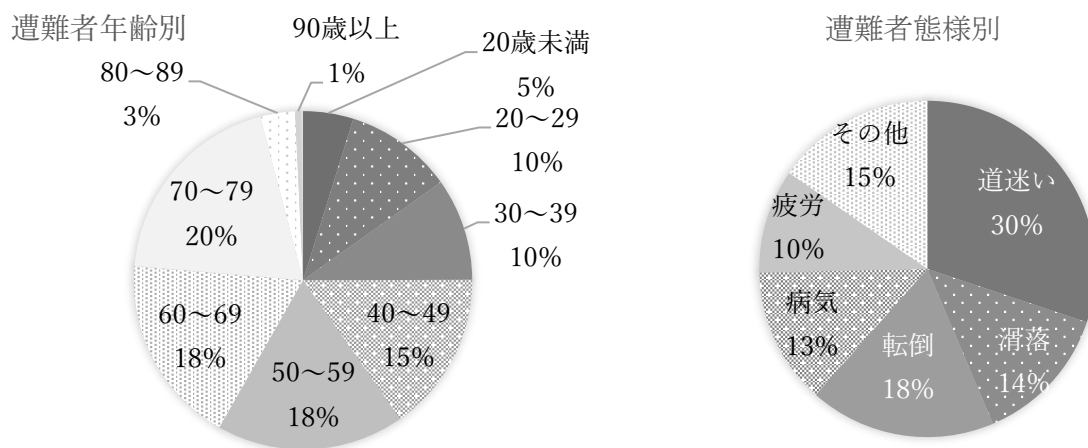


図 1-5 2020年夏季登山遭難者の年齢と態様

出典：警察庁『山岳遭難の概況』2020

登山における3大死因「外傷」「心臓突然死」「寒冷障害(低体温症・雪崩埋没)」で、2017年から2020年まで4年間の長野県における山岳遭難死因のうち37人(22.6%)が突然死と考えられ(図1—6)、その特徴は下記の通りである(市川智英:国際山岳医/循環器専門医)。

- ・心臓突然死した方は、家族も含め心臓病を抱えている自覚がないことが多い。

(長野県山岳総合センターと山岳遭難防止対策協会が遺族聞き取り)

- ・いったん山中で心疾患を発症すると救命はきわめて困難(予防が重要)。
- ・山岳遭難死の原因には地域性があるが「心臓突然死」は地域差なく一貫して発生。

長野県では岩稜帯の山が多いことから「外傷」が最も多く、富山県では豪雪地帯のため「雪崩」が最も多い。

日本救急医学会では、突然死とは「外見上健康と思われる人に生じた急性発症の24時間以内の予期せぬ死で、内因性の原因(内臓の異常)により生じたもの」と定義しており、日本国内では年間約10万人の突然死があり、このうち約6万人が心臓の異常が原因となる心臓突然死である。

登山医療救助機構等では、体力レベルの客観的評価と同時に、心臓病のリスクを事前に察知することを目的とした「登山外来」を行なっている。主な検査項目は下記の通りである。

1. 血液検査
2. 心電図
3. 心エコー
4. 運動負荷検査 & 最大酸素摂取量(VO2max)測定
5. 肺機能

遭難または遭難死する人の特徴が、体力の低下を意識しない中高年層や初心者、心臓病を抱えていることを自覚していない人であることから、運動の前に現在の自身の体力や心臓病のリスクを客観的に把握することで、遭難または遭難死のリスクを回避できる。

2) 心不全パンデミック

超高齢社会(高齢化率 21%以上)の到来とともに心不全患者が増加する高齢化先進国共通の課題である。厚生労働省では、「心不全とは、心臓が悪いことにより、日常生活において息切れその他、身体の浮腫みが起こり、それらの症状が次第に悪化することにより、生命を脅かす病気につながる」と定義している。高齢化率 29.1% (2021 年 9 月現在) と高齢化率世界一位の日本は、高齢化による高血圧や弁膜症患者の増加に加え、生活習慣の欧米化に伴う虚血性心疾患の増加といった循環器疾患における疾病構造の変化が心不全患者増加の大きな要因となっている (図 1-7, 8)。

2020 年の日本の心不全患者数は 1 2 0 万人、日本心臓財団によると、2030 年に心不全患者は 130 万人に達すると推計されている (Okura *et al.*2008) (図 1-9) 年間 8 万人以上が心不全によって死亡し、心臓疾患患者の増加とともに心臓リハビリテーションのニーズが増加する。

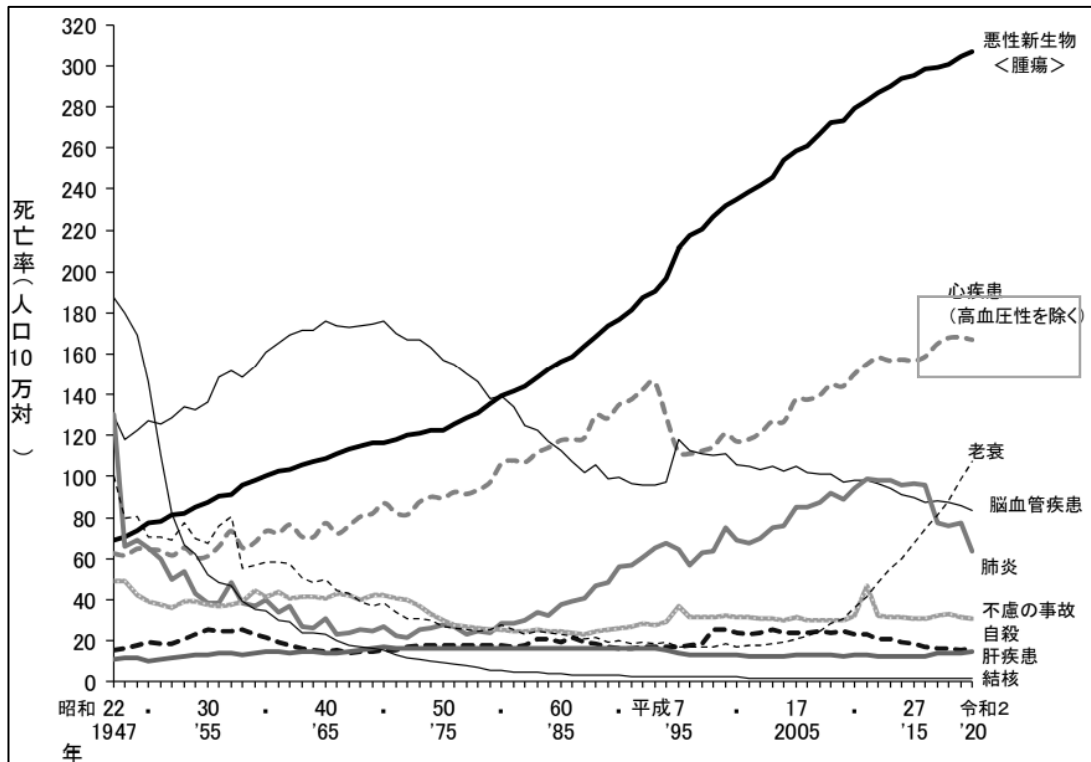


図1-7 主な死因別にみた死亡率（人口10万対）の年次推移

転載：厚生労働省『令和2年(2020)人口動態統計月報年計(概数)の概況』

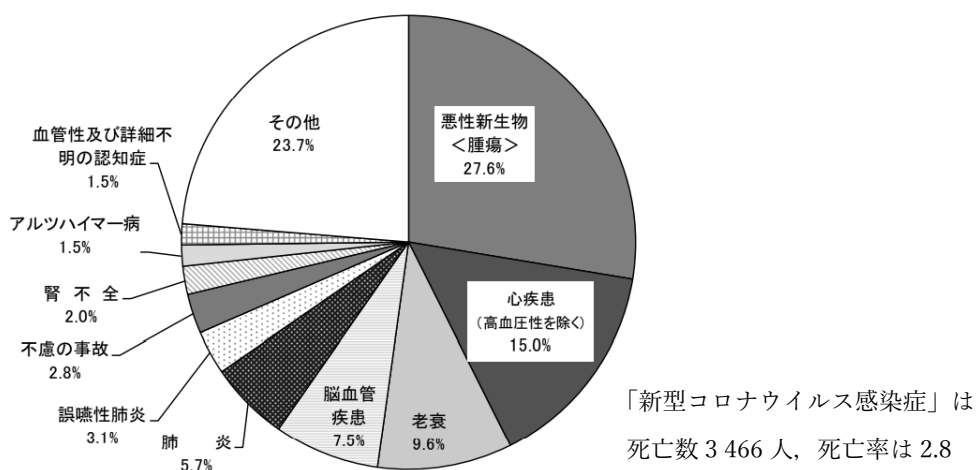


図1-8 主な死因の構成割合（令和2年(2020)）

転載：令和2年(2020)人口動態統計月報年計(概数)の概況：厚生労働省

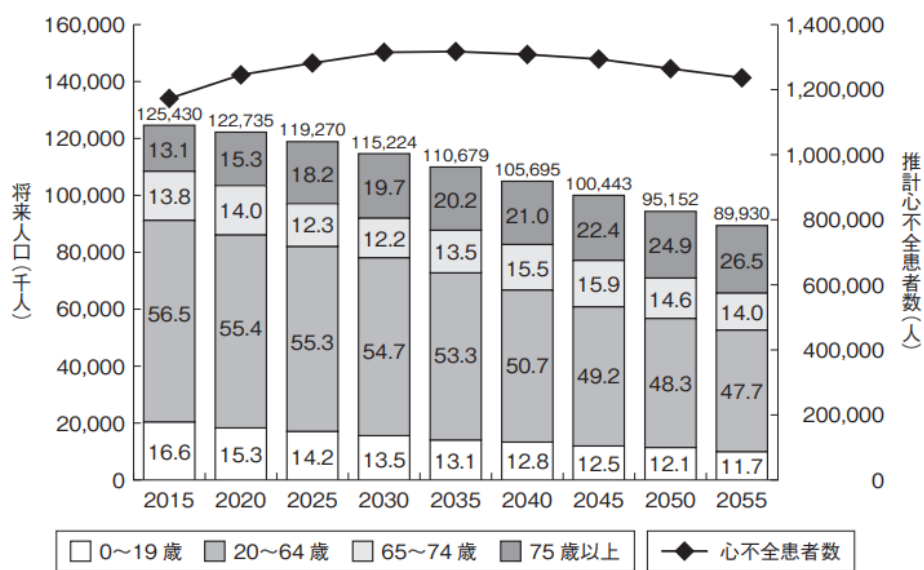


図1-9 人口および年齢構造と心不全患者数の将来推計（2015～2055年）

転載：心不全診察 Q&A, 2012, p.2

3. 山岳歩道に期待される公益サービス

1) 心臓リハビリテーション(心臓リハビリ)

日本心臓リハビリテーション学会によると、心臓リハビリテーションとは、心臓病の患者が(表 1-3)、体力を回復し自信を取り戻し、快適な家庭生活や社会生活に復帰するとともに、再発や再入院を防止することをめざしておこなう総合的活動プログラムのことをいい、内容として、運動療法と学習活動・生活指導・相談(カウンセリング)などである。その効果は、心不全の患者が心臓リハビリを行うことにより、行わない場合に比べてあらゆる入院が 25%減少し、心不全による入院が 39%減少する。虚血性心疾患(心筋梗塞や狭心症)の患者が心臓リハビリを行うことにより、行わなかった場合に比べ、心血管病による死亡率が 26%低下し、入院のリスクが 18%低下し、心臓リハビリに参加することにより、生活の質(Quality of life)が改善する。

表 1-3 心臓リハビリの対象者

| 心臓リハビリ※の対象 | |
|------------|--|
| 心臓の病気 | ・心筋梗塞 ・狭心症 ・慢性心不全 ・心臓の手術を受けた など |
| 血管の病気 | ・大動脈瘤や大動脈解離の手術を受けた ・抹消動脈疾患に対する治療後 など |

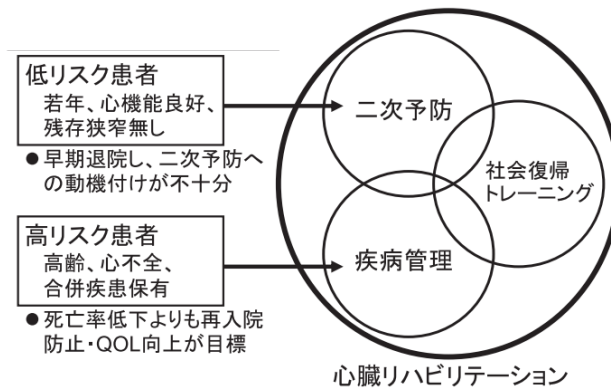


図 1—10 心臓リハビリの対象

NCDs は様々な疾患の原因となるため、運動による予防・改善が、心臓病患者には体力回復・社会復帰・再発防止のための心臓リハビリ・運動療法が「急性・慢性心不全診療ガイドライン（2017年改訂版）」「心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン（2021年改訂版）」で奨励されている。心臓リハビリは、退院後、最長で開始してから150日間の通院治療に健康保険が適用されるが、それ以降も継続して適切な運動による管理が必要となってくるが、その受け皿となるサービスが現在はない。

森林環境での活動によるストレス軽減や健康増進効果について多くの研究がなされている。社会的距離が確保できる森林環境で利用者が安全・安心な運動の為には、危険個所の対処、倒木や危険物の除去等の安全管理は勿論であるが、利用者の体力・既往歴を踏まえ安心して運動できる環境の提供が必要である。

2) 歩行（有酸素運動）の有効性

歩行は、ストレス解消にも役立つ。一定のリズムで体の筋肉を動かす有酸素運動は、脳の神経伝達物質のひとつである「セロトニン」が活性化することが分かっている。セロ

トニンが増えると気分が落ち着き、集中力も高まるといわれており、不安や抑うつ感なども改善される。

認知症や軽度認知障害（MCI）に関する歩行の有効性については、いくつかの研究報告がある。軽度認知障害（MCI）になってからでも運動すると記憶力が回復する可能性が高くなる。国立長寿医療研究センターが平均年齢75歳のMCIの高齢者を対象に行った研究では、1日90分、週2回の複合的な運動プログラムを6ヶ月実施したグループでは、認知機能と記憶力が明らかに改善し、脳の萎縮も抑えられていたと報告している（Suzuki T, 2013）。

フィンランドの研究では、中年期から少し汗をかく程度の運動を週2回以上、20～30分行うことで、20年後にアルツハイマー型認知症になるリスクが約1/3に減少したと報告している（Rovio S. et al.2005）。

米国ピッツバーグ大学などの研究チームは、55歳以上の人が適度な運動を1年間続けたところ、記憶の形成を担う脳の海馬の容積が増え、空間記憶が改善されたと報告している。認知症がなく座りがちの生活を送る55～80歳の男女120人を集め、「ウォーキング（有酸素運動）を1日40分、週3日行う」、「ストレッチングのみを行う」のいずれかのグループに無作為に分けた。有酸素運動をしたグループでは海馬の容積が左側は2.12%、右側は1.97%増加した。ストレッチングをしたグループでは逆に、左側が1.40%、右側が1.43%減少した（Kirk I Erickson. et al.2011）。

3) 山岳歩道の優位性

(1) バランス感覚の保持

人が起立、歩行の際には、情報が深部知覚（振動覚・位置覚など）から小脳系を中心とした部位に運ばれ姿勢を調整する。小脳系の刺激が減ってくると転びやすくなる一因とされている。小脳系は、筋や腱、関節からの深部感覚や内耳からの平衡感覚、大脳皮質から

の情報を受けて、運動の強さや力の入れ具合、バランスなどを計算して調節する運動調節機能を担当する。

トレッドミルや舗装された道路でのジョギングやウォーキングは、殆ど小脳系は刺激されないといわれており、舗装されていない道での歩行は足の裏をまんべんなく刺激し、通常の有酸素運動の効果だけでなく、深部知覚を介して小脳系を刺激する(瀧靖之, 2021)。足の裏をまんべんなく刺激する路面は、木の枝や石が散乱する路面では実現できない。従って、山岳歩道の管理は、山岳歩道歩行者のバランス感覚の保持についても必要である。

このような機序で、土の路面は、一般的に運動やリハビリで活用されている。当然、木の枝や石などが散乱していない適切に管理されている土地の路面が前提となっている。

本研究の前段階として、県市の協力の下、山梨県北杜市に2つのノルディックウォーキングコースを設置した。2018年10月に比較的傾斜のない林間のメディカル&ヘルスケアコース(2km)と2019年5月に恩賜林や信玄棒道をまわり小淵沢町を周る傾斜のあるフィットネス&スポーツコース(10km)を開設し、ノルディックウォーキングだけでなく、トレッキングやトレイルランニングにも活用されている。

メディカル&ヘルスケアコースは、山梨県富士温泉病院の整形外科・矢野英雄医師の指導に基づき、毎月ノルディックウォーキングワークショップを開催している。フィットネス&スポーツコースでは、大阪大学健康スポーツ教育部門准教授藤田和樹先生によるノルディックウォーキングの講座と周遊イベントを実施している。



メディカル&ヘルスケアコース



(2) 五体五感での体験

自然環境保全審議会では「自然を理解するには、五体五感で直接的に自然を体験することが最も効果的であり、そのための手段としては自らの足で「歩いて」ふれることが基本となるべきものである。」

(「自然公園等における自然とのふれあいの確保の方策について」平成7年7月)と定めている。五体五感で直接的に自然を体験できることは先行研究にお



いて生理的リラクセスならびに免疫機能改善効果について検証されている。山梨県北杜市小淵沢町に2つのノルディックウォーキングコースでも、この効果が期待される。

4) 山のグレーディング

山のグレーディングは、日本の山における登山の難易度について、その山が所在する自治体などが、統一された基準により定めている指標である。山岳遭難の増加に伴い、2014年長野県が主な登山コースの体力度と技術的難易度が一目でわかる「信州・山のグレーディング」を発表し、2016年以降このグレーディングと同様の基準で、十県一山域（秋田県、山形県、栃木県、群馬県、新潟県、山梨県、岐阜県、静岡県、富山県、四国・石鎚山系）の山で合計957ルートの評価・公表した。2021年1月13日長野県は、評価の見直しのあったルートを再編集し、日本百名山のうち、67の山200ルートをグレーディング評価した「登山ルートグレーディング」を公開した。

しかし、遭難者の30%は、山菜取り、写真撮影、釣り等の半日以下の行程であり、1日単位の登山の評価をする山のグレーディングは適しておらず、安心な登山・散策のためには、よりこまかな登山道の情報に基づく、登山者個々人の体力度に対応する運動指標が必要である。

4. 考 察

登山は運動療法として適切に習慣化して行えば、心臓リハビリや動脈硬化など NCDs の予防だけでなく、筋力の保持を目指せば高齢者のロコモ（運動器の障害）などの予防にも有効であり、認知症に対する効果も期待される。

山梨県北杜市でのノルディックウォーキングコースの取り組みのように、地域の人々の健康維持・増進に加え、地域の自然資源や歴史・文化を活かしたトレイルによる誘客推進を図ろうとする自治体は多くある。細かく山岳道ルート情報を取得し、運動強度を各人の体力にあわせてコントロールすることで、山岳歩道のうち、改変が容易ではない歴史ある山岳歩道や巡礼道もユニバーサルな利用が可能になる。

本研究は、山岳歩道において、歩行による健康維持・増進及びリハビリテーション利用を可能とするために、歩行という利用手法について、臨床研究に基づきエビデンスとして評価できるように構築することを目的とした。

第2章山岳歩道の安心利用では、心血管疾患予防から健康維持・増進を目的とした人までが山岳歩道を安心して利用するために、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「安心トレッキングのコース利用指針」を策定した。

第3章山岳歩道の安全利用では、画像と路面テクスチャの情報を収集・解析し、山林歩道利用者のつまずきによる転倒リスクを低減するルートの設定や管理・整備に資する方法について検討した。

第4章臨床研究の構築では、第3章の結果に基づいて設定した臨床コースを第2章で策定した「安心トレッキングのコース利用指針」に基づき歩行し臨床研究計画を策定した。臨床参加者を健康人から健康リスクのある人へと段階的に臨床研究を実施することで、山岳歩道のトレッキングによる健康維持・増進及びリハビリテーション利用のエビデンスを獲得する。

第5章では、第4章までに得た新たな知見の意義と今後の課題についてまとめた。

第2章 山岳歩道の安心利用

本章では、世界遺産に登録されかつ山のグレーディングで難易度が低い熊野古道中辺路ルートの情報を取得し、心血管疾患の危険因子による運動参加リスクを踏まえた運動療法処方に基づく利用者に安心なトレッキングコースを検討した。コースとして想定した既存山岳歩道での運動管理指標と利用条件を明らかにするとともに、現実的には不可能な路線変更コストによって当該管理手法のメリットを数量化し、現状改変の難しい歴史ある歩道の活用可能性を明らかにした。

1. 調査地

利用者が多く、起伏のある山岳歩道でかつ研究を推進するにあたり地元の自治体か協力が得られることから、本研究では、和歌山県田辺市の熊野古道中辺路を調査地とする。その研究活動の拠点を熊野古道中辺路に近接し、田辺市が管理する熊野の郷古道ヶ丘とする。

1) 熊野古道の概要

調査地、熊野古道（図2-1）は、熊野三山「熊野本宮大社」「熊野速玉大社」「熊野那智大社」への参詣道として、千年以上の歴史を持ち、百度にも渡る上皇の熊野御幸をはじめ、権力者から庶民までが詣でた自然信仰巡礼道である。2004年7月には「紀伊山地の霊場と参詣道」を構成する道として世界遺産に登録された。「紀伊山地の霊場と参詣道」の世界遺産登録に向け注目されたのが「文化的景観」である。文化的景観の意味するところは「自然と人間の営みによって形成された景観」で、単に神社、仏閣などの文化財に指定されている建造物を保存するものではなく、参詣道沿道や周辺集落、自然環境を含めた文化的景観の保全が必要となる。従って、田辺市の条例で熊野参詣道（中辺路）特定景観形成地域に指定されており、①熊野古道（世界遺産）の景観、②世界遺産区域を結ぶ歩行者動線沿線景観、③熊野古道（世界遺産）から望む景観の景観保全のため、地域内では様々

に行為の制限がある（図2-2，3）。

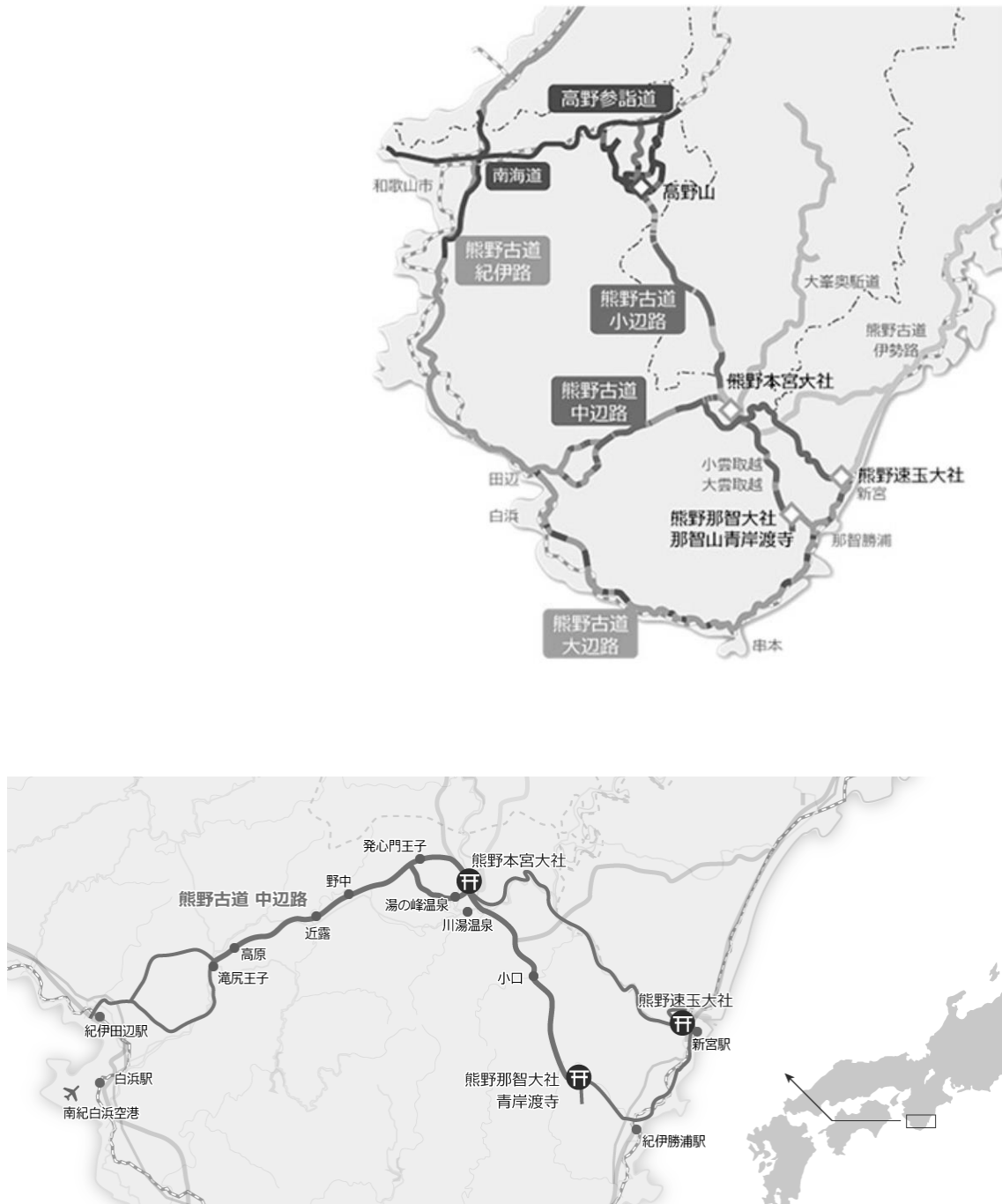


図2-1 熊野古道

転載：田辺市からの資料提供

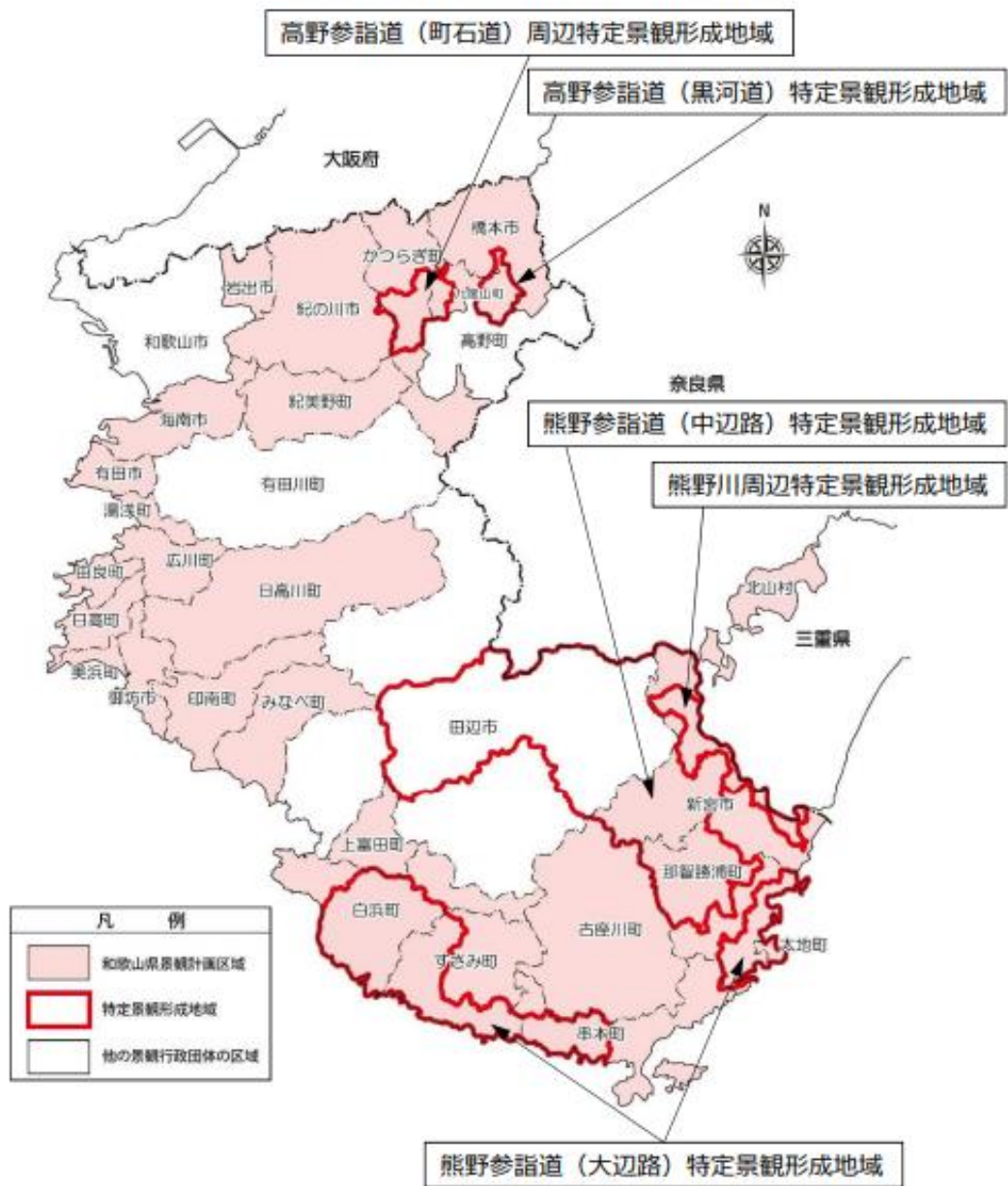


図 2 - 2 和歌山県景観計画区域

転載：和歌山県景観計画区域 令和 2 年 12 月 15 日改正

注) 田辺市は、平成 29 年 3 月 24 日に景観行政団体に移行したため、田辺市全域は県の景観計画区域外となった。

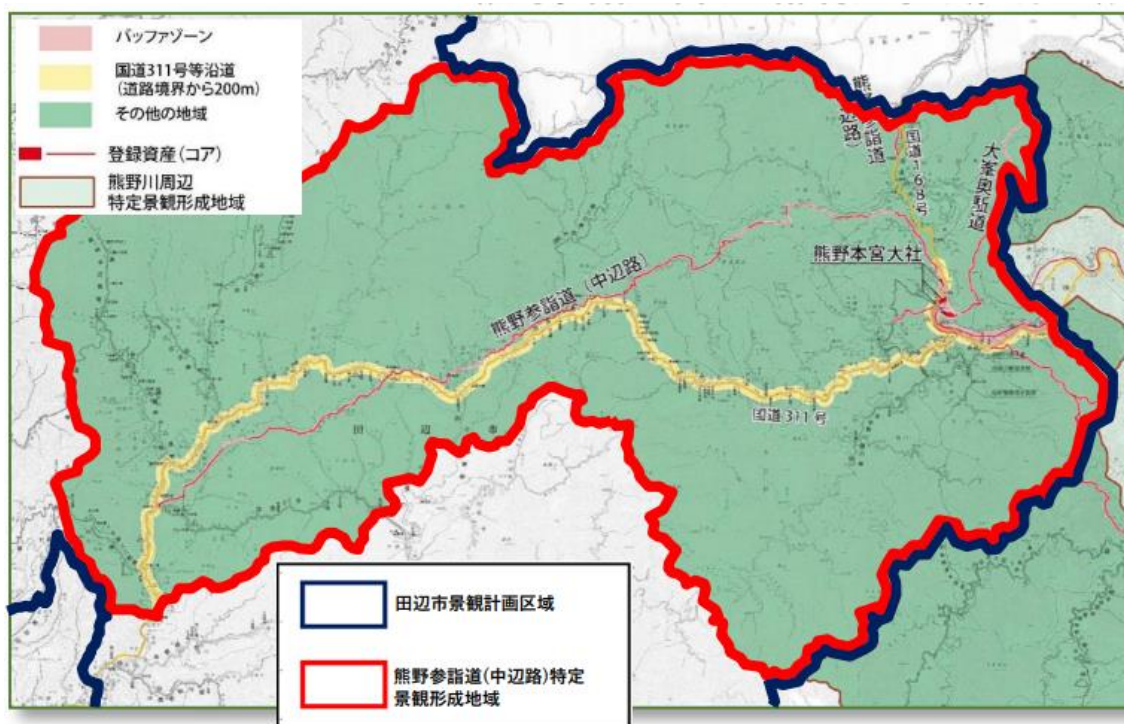


図2-3 熊野参詣道(中辺路)特定景観形成地域

転載：田辺市景観計画・景観マップ

2) 研究実施拠点「熊野の郷古道ヶ丘の」概要

熊野古道に隣接する熊野の郷古道ヶ丘（所在地：和歌山県田辺市中辺路町栗栖川 8 4 4（図 2-4）は、平成 17 年（2005）に田辺市に合併した中辺路町より継承した施設である。田辺市によると、その目的は「市民の健康づくりに寄与し、自然に親しむ野外活動を普及するとともに福祉の増進及び観光の振興を図ること」と定められている。合宿等の誘致を図ってきたが、体育館は令和 3 年度より使用禁止となるなど施設の老朽化により利用者は年々減少傾向にあり、宿泊・日帰り客を合わせても年間 2 千人を切る状態が続いている^①。

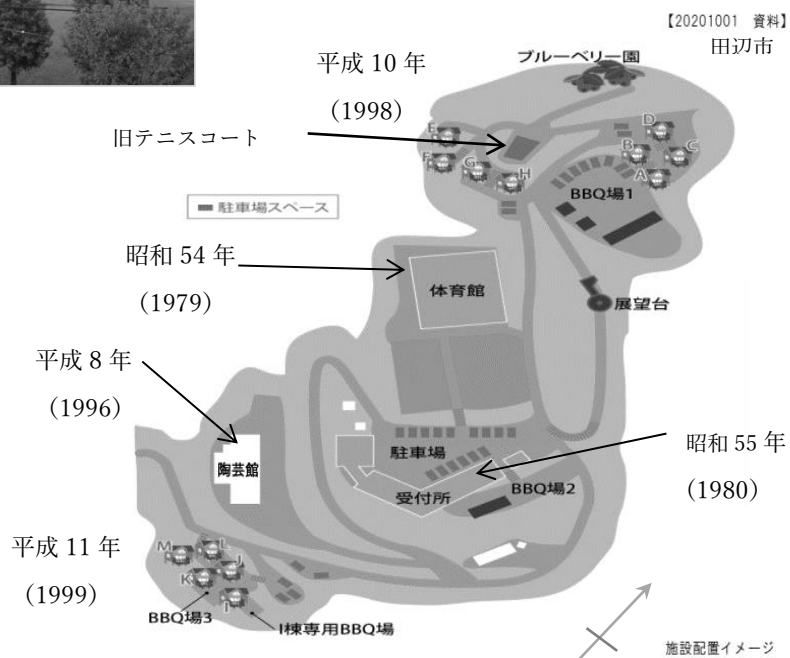


図 2-4 熊野の郷古道ヶ丘概要

転載：田辺市からの提供資料 年号は建物建設年

熊野の郷古道ヶ丘の現状の建物は、築50年近いものが多く、かつ、耐震工事がなされていない。現在、指定管理者（～2023年3月）として障害者福祉団体（就労支援B型:23～24人が在籍）が作業所での利用と古道ヶ丘内のコテージなどの管理をおこなっている。しかしながら、COVID-19パンデミック以前から古道ヶ丘の利用者は減少しており、年間300～400万円での運営を余儀なくされている。

和歌山県は、水害・土砂災害が多く、南海トラフ地震の発生も予測されており、このような災害に際して老朽化した施設の安全性が危ぶまれる。今後、建物の建て替え、障害者福祉団体の運営費の確保が課題となる。

3) 田辺市の取り組み

田辺市は『田辺市価値創造戦略ビジョン・戦略プラン』（平成 27 年度(2015)策定）において、市の目標として「交流人口の増大」「地域経済の活性化」を掲げている。また、6つの価値創造戦略プランのプラン③とし「熊野古道における観光交流の創造」を打ち出し、熊野古道の魅力発信としてトレイルによる誘客推進を盛り込み、交流人口の拡大を目標目指している（表 2-1）。

表 2-1 田辺市地域のビジョン

「交流人口の増大」「地域経済の活性化」「あらゆる災害に対して強くなやかなまち」

- プラン① 山の恵みを生かした持続可能な地域の創造
- プラン② 人々が訪れたいくなる街なかの創造
- プラン③ 熊野古道における観光交流の創造**
- プラン④ 梅・柑橘を中心とした特産品の新たな市場の創造
- プラン⑤ 田辺の強みを生かした訪れたいくなる魅力の創造
- プラン⑥ 地域を担う人材の創造

| | | |
|---|--------------|--|
| 【プラン③】 熊野古道における 更なる観光交流の創造 | 熊野古道の保全と継承 | <ul style="list-style-type: none"> ◆世界遺産熊野古道専門保護員の導入検討 ◆(再掲)熊野古道保全基金の創設と公有林化の推進 ◆熊野古道保全に向けた神社や王子跡の改修 ◆(再掲)針広混交林化の推進 |
| | 熊野古道の魅力発信 | <ul style="list-style-type: none"> ◆田辺市熊野ツーリズムビューローと一体となった観光振興の推進 ◆サンティアゴ・デ・コンポステーラ市との観光交流の推進 ◆トレイルによる誘客推進 ◆広域自治体との連携によるプロモーションの推進 |
| | 受け入れ体制の更なる充実 | <ul style="list-style-type: none"> ◆世界遺産追加登録を見据えた案内看板や二次交通の充実 ◆情報基盤の整備 (Wi-Fi) |

『第二次田辺市総合計画』平成 29 年度～平成 38 年度(2017～2026)
 『田辺市価値創造戦略ビジョン・戦略プラン』平成27年度(2015)田辺市

世界遺産熊野古道（中辺路）は、総延長距離が 100km を超え、「滝尻～熊野本宮大社」の区間においても約 37km を有する「道」の資源であるため、熊野古道利用者数の全体数を把握することが困難である。田辺市は「世界遺産熊野古道中辺路の利用者数については、保全（自然環境や文化的景観を守ること）と活用（地域資源・観光資源として歩いてもらうこと）を推進していく上で必要な情報と考えており、利用者数の把握については今後の

課題となっている。」とし、熊野古道中辺路への来訪者に関する数値については、以下のとおり示した。

なお、中辺路古道館は、滝尻王子に近接し、本研究地である熊野の郷古道ヶ丘にも近い。

以下、各観光協会調べ（単位：人）によると中辺路古道館（中辺路町滝尻）の来館者数は

| | |
|--------------|--------|
| H30 年度（2018） | 29,507 |
| R01 年度（2019） | 31,242 |
| R02 年度（2020） | 12,020 |

であった。世界遺産熊野本宮館（本宮町本宮）の来館者推移は、下記の通りである。

| | |
|--------------|---------|
| H30 年度（2018） | 136,453 |
| R01 年度（2019） | 162,077 |
| R02 年度（2020） | 89,062 |

また、中辺路町および本宮町の宿泊客、日帰客、入込客の推移は下記の通りである。

| 中辺路町 | 宿泊客数 | 日帰客数 | 入込客数 |
|---------------|---------|-----------|-----------|
| 平成 30 年（2018） | 12,479 | 327,493 | 339,972 |
| 令和 01 年（2019） | 14,170 | 314,472 | 328,642 |
| 令和 02 年（2020） | 4,597 | 193,949 | 198,546 |
| 本宮町 | 宿泊客数 | 日帰客数 | 入込客数 |
| 平成 30 年（2018） | 119,759 | 1,499,200 | 1,618,959 |
| 令和 01 年（2019） | 145,778 | 1,734,100 | 1,879,878 |
| 令和 02 年（2020） | 77,317 | 1,260,300 | 1,337,617 |

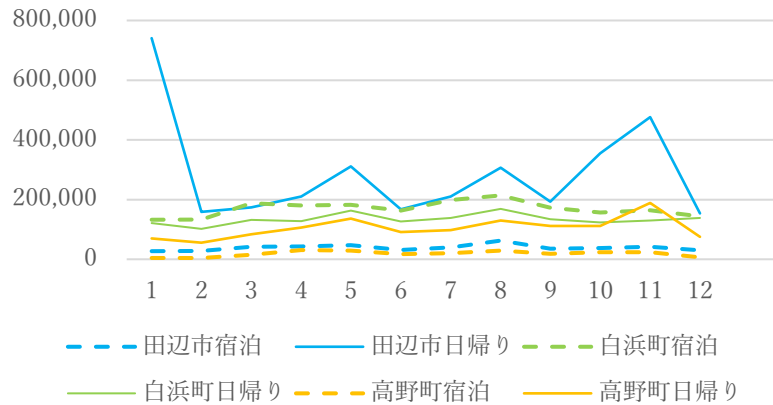


図2-5 地域別宿泊・日帰り客数月別推移

出典：和歌山県『令和元年観光動態調査』

田辺市全体は、他の周辺地域と異なり、宿泊客よりも日帰り客率が高い(図2-5)。田辺市の宿泊客の特徴として、インバウンドのうち欧米豪が多く(表2-2)、2019年までは順調にインバウンドが伸びてきていた一方で、国内客は2017年以降減少傾向にあり、宿泊1人あたりの単価は、国内客の平均宿泊日数が少ないため、インバウンドの方が高くなっている(図2-6)。

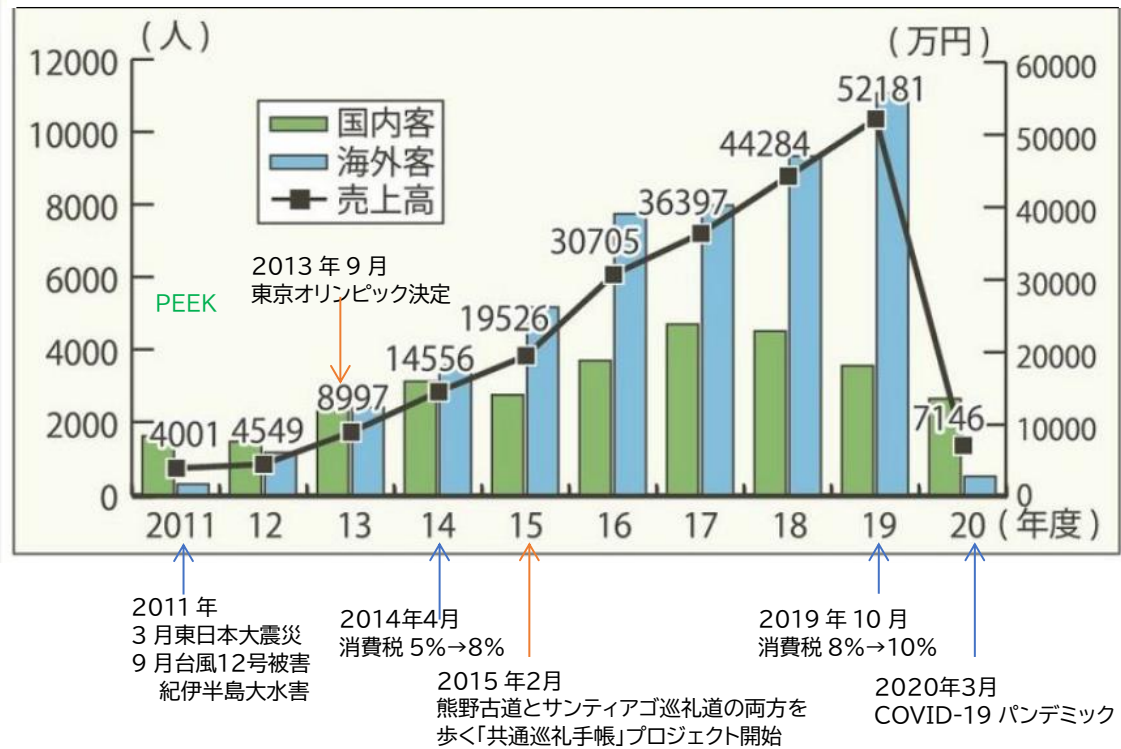
しかしながら、COVID-19パンデミックの状況に鑑みても、少なくとも2025年の大阪万博まではインバウンド需要への期待は薄いと考えられる。

一方で、訪日外国人旅行者数過去最高を記録した2019年においても旅行消費額においてインバウンド需要は17.1%であり、国内旅行が8割を占めている(図2-7)。観光業関連事業が多く、交流人口拡大を目指す田辺市にとっては、まずは、国内在住者による国内旅行需要の回復を目指し、地域経済の回復を図ることが望まれる。

表2-2 和歌山県主要市町村別宿泊客（国・地域別）

| 単位：人泊 | 2019年 (令和元年) | 2018年 (平成30年) | 対前年比 (R1/H30) | 2019年(令和元年) 国・地域別内訳 | | | | | | | | | | |
|-------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|---------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|--------|-----------|--------|
| | | | | アジア | (中国) | (香港) | (台湾) | (韓国) | (タイ) | 欧米豪 | (フランス) | (アメリカ) | (オーストラリア) | その他 |
| 高野町 | 108,993 | 93,874 | 116.1% | 12,762 | 6,975 | 1,698 | 583 | 594 | 334 | 94,578 | 22,834 | 12,174 | 6,191 | 1,653 |
| 和歌山市 | 105,899 | 117,034 | 90.5% | 90,197 | 48,699 | 22,355 | 7,152 | 3,491 | 3,595 | 10,557 | 1,150 | 2,927 | 1,315 | 5,145 |
| 白浜町 | 105,348 | 95,760 | 110.0% | 98,984 | 40,555 | 37,391 | 11,034 | 6,085 | 1,451 | 5,846 | 443 | 1,845 | 591 | 518 |
| 田辺市 | 50,926 | 43,939 | 115.9% | 11,808 | 3,033 | 2,990 | 1,990 | 543 | 476 | 35,015 | 2,705 | 7,138 | 9,717 | 4,103 |
| 那智勝浦町 | 37,022 | 52,724 | 70.2% | 23,795 | 3,532 | 3,255 | 9,815 | 4,092 | 1,481 | 12,858 | 1,039 | 2,832 | 2,911 | 369 |
| みなべ町 | 29,768 | 34,866 | 85.4% | 29,664 | 5,734 | 8,054 | 10,080 | 3,688 | 808 | 91 | 14 | 36 | 8 | 13 |
| 新宮市 | 12,504 | 9,112 | 137.2% | 4,855 | 1,743 | 786 | 1,137 | 213 | 239 | 6,840 | 781 | 1,394 | 1,783 | 809 |
| その他 | 51,384 | 31,854 | 161.3% | 48,258 | 38,364 | 2,224 | 4,337 | 1,469 | 659 | 2,601 | 234 | 424 | 365 | 525 |
| 合計 | 501,844 | 479,163 | 104.7% | 320,323 | 148,635 | 78,753 | 46,128 | 20,175 | 9,043 | 168,386 | 29,200 | 28,770 | 22,881 | 13,135 |

令和元年観光客動態調査 和歌山県



2019年度の利用者の平均宿泊日数は海外客平均 3.39泊（内、オーストラリア 4.27泊）
日本 1.44泊。宿泊1人あたりの単価 22,477円（国内 10,854円 海外 24,008円）

2021年06月25日 紀伊民報

図2-6 国内・海外取扱人数・額

2019年の旅行消費額内訳(全体27.9兆円)

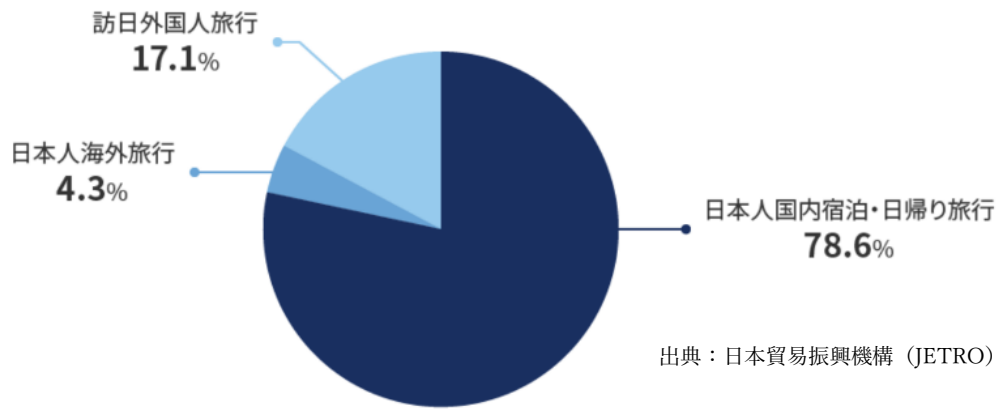


図 2 — 7 2019 年の旅行消費額内訳

2. 調査項目及び条件設定

1) 登山歩道の指標

(1) コース定数

コース定数とは、登山コースの1つの指標である。「歩行時間（参考コースタイム）」「総距離」「累積標高差」の3つの要素から算出される指標で、1～100前後の数値でコースの体力的難度を示している。コース定数の計算方法は、『 $1.8 \times \text{行動時間 (h)} + 0.3 \times \text{歩行距離 (km)} + 10.0 \times \text{登りの累積標高差} + 0.6 \times \text{下りの標高差 (km)} = \text{コース定数}$ 』で求められる。1日あたりのコース定数の目安は下記のとおりである（山本 2006）。

10前後：体力的にやさしく初心者向き

20前後：一般的な登山者向き

30前後：日帰り登山の場合、健脚者向き

40以上：日帰りでは困難。1泊以上の計画が必要

(2) 山のグレーディング

山のグレーディングは、登山道を「体力度」「技術的難易度」で評価している。体力度は、コース定数を10段階（1が最も低い）で表現している。具体的には、コース定数を10で割り小数点以下を切り上げ算出する。技術的難易度は、登山者に求められる技術・能力などをAからEの5段階（Aが最も低い）で表現している。

「和歌山県の山」によると、本研究のモデルコースが含まれる熊野古道中辺路（滝尻から熊野本宮大社）は、コース定数 65、標高差 632m、累積標高差（+）2574m、累積標高差（-）2601m、歩行距離 35.5 km、歩行時間 14時間 45分（1泊2日）、技術的難易度 A、体力度 7 と登山初心者向けのコースである。なお、この歩行時間は登山の初心者が無理なく歩ける時間を想定し、休憩時間は含まない。

2) コース利用対象者

利用対象者は、心臓疾患予防（心臓リハビリ対象者）と健康維持・増進を想定する。但し、運動参加高リスクもしくは利用時に運動禁忌の者（安静時血圧 180/110mmHg 以上、心拍 100bpm (Beats Per Minute.) 以上）は除く。なお、心臓リハビリ対象者においては、第Ⅲ相（維持期）心血管疾患リハビリテーション以降を対象とする。通常のリハビリに於ける運動中止基準は、Anderson・土肥基準、より具体的な日本リハビリテーション医学会のガイドラインに準じた。

利用者は補給水分、スマートホンの他、歩行速度をコントロールする指標を得るハートレートデバイス等の携行し、グループで行動する。医師は同行せず、AED は古道ヶ丘受付所に常備している。

3) 気候条件と補給水分量の算出

コース定数に「利用者の体重+荷重」をかけ、そのコースを歩いた時に消費するエネルギーを kcal の単位で推定することができる。

$$\text{消費熱量(kcal)} = \text{コース定数} \times (\text{体重} + \text{荷物荷重}) \text{ kg}$$

更に、算出された消費熱量から脱水量(ml)が推定される。水分消費に相当する補給水分量を携行する。但し、夏季は水分を多めに携行する必要がある。コース定数は、一般的な登山者にとって環境条件が最もよい場合の最低値の値を示す。利用対象者の属性に鑑み、環境条件の悪い場合に敢えてモデルコースで運動することは無いため、本研究も気象条件は無雪期・天候良好時とした。

4) モデルコースの設定

熊野古道を経由する徒歩 30 分程度の周遊ルートが設定でき、緊急時に AED によるファーストエイドと救急車両のアクセスが容易である点から、モデルコースは、滝尻王子から

熊野本宮に至る中辺路（図2-5）と熊野の郷古道ヶ丘旧テニスコートから中辺路へアクセスする2ルート（ルートA、ルートB）（図2-6）とし、KASHMIR 3D-国土地理院基盤地図情報 10メッシュ標高データを用いて各ルート縦断面データ（表2-1）を取得した。

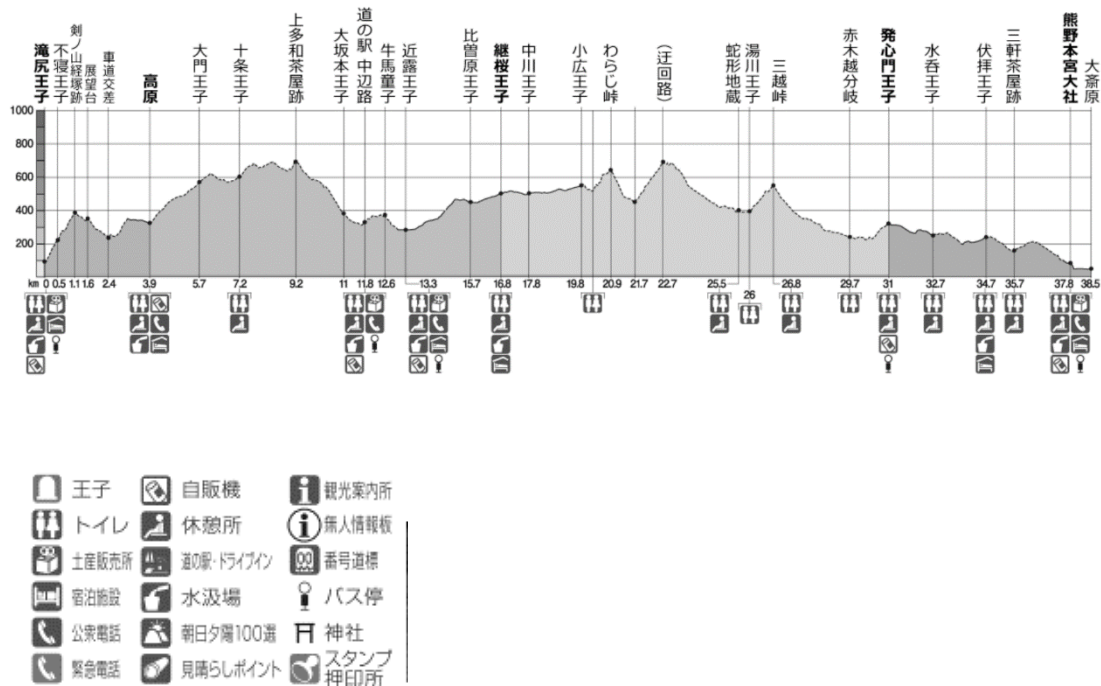


図2-8 熊野古道中辺路（滝尻王子から熊野本宮・大齋原）

転載：『分県登山ガイド 29 和歌山県の山』2018，田辺市ツーリズムビューロ



図 2 - 9 モデルコース俯瞰

| | 区間情報 | |
|-----|----------|----|
| (a) | 距離 | km |
| (b) | 沿面距離 | km |
| (c) | 標高差 | m |
| (d) | 推定時間 | s |
| (e) | 累積標高 (+) | m |
| (f) | 累積標高 (-) | m |
| (g) | 最大標高 | m |
| (h) | 最大傾斜 | ° |
| (i) | 最大勾配 | % |

表 2 - 1 区間情報

各ルートを区間で区切り運動強度算出に必要な区間情報(表2-1)を得た。なお、ルート A 及び B は熊野参詣道(中辺路)特定景観形成地域及び地盤・土壌の条件を考慮した。滝尻王子を始点とする中辺路は、不寝王子まで 41° の急こう配が続き対象利用者の歩行が困難なため、中辺路は地点 a' から地点 b' とした。周遊の方向は、(e) 累積標高 (+) がルート A < ルート B のため熊野古道順方向とした。スタート当初に傾斜度が小さいルートとし心臓への負担を軽減するためである。

|←ルート A →|←熊野古道→|←ルート B →|

地点 a → 地点 a' → 地点 b' → 地点 b (=地点 a)

山の体力的難易度の指標、コース定数を行動中のエネルギー消費量を求める汎用式(図2-10)(中原・山本, 2006)に基づき、区間情報(b)沿面距離、(d) 推定時間、(e) 累計標高(+), (f) 累計標高(-)より算出した。モデルコースのコース定数は5(表2-2)である。

コース定数は、コース利用者の身体的負担と相関関係にある。コース x を歩行利用する際の身体的負担はコース定数 $I_R(x)$ で推定する。ルートを連続的に利用するモデルコースのコース定数

$$I_R(AB) = I_R(aa') + I_R(a'b') + I_R(b'b)$$

で表現する。コース定数は、1日単位のコースを対象とし、小数点以下を切り上げとされているが、モデルコースのように半日以下のコースでは差異が出ないため I_{Rx} では小数点2位までとする。

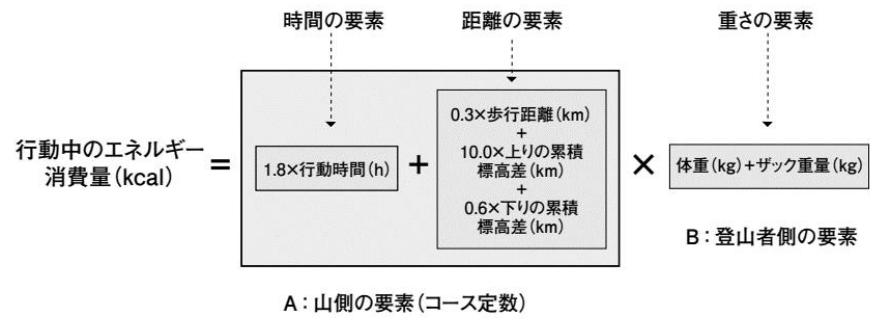


図 2-10 行動中のエネルギー消費量を求める汎用式 (中原, 山本 2006)

表 2-2 モデルコースのコース定数

| 行動中のエネルギー消費量を求める汎用式 | 時間要素 | 距離要素 | Irλ | コース定数 |
|--------------------------------|--------------------------------------|---|------|-------|
| $1.8 \times \text{行動時間 h} = a$ | | $0.3 \times \text{歩行距離 km} =$ $10.0 \times \text{登りの累積標高差 km} =$ $0.6 \times \text{下りの累積標高差 km} =$ 計 = b | a+b | |
| 中辺路 | $1.8 \times 0.260 \text{ h} = 0.469$ | $0.3 \times 0.661 \text{ km} = 0.198$ $10.0 \times 0.077 \text{ km} = 0.766$ $0.6 \times 0.043 \text{ km} = 0.026$ 計 = 0.990 | 1.46 | 2 |
| Aコース | $1.8 \times 0.104 \text{ h} = 0.187$ | $0.3 \times 0.664 \text{ km} = 0.199$ $10.0 \times 0.075 \text{ km} = 0.750$ $0.6 \times 0.017 \text{ km} = 0.010$ 計 = 0.959 | 1.15 | 2 |
| Bコース | $1.8 \times 0.123 \text{ h} = 0.221$ | $0.3 \times 0.433 \text{ km} = 0.130$ $10.0 \times 0.003 \text{ km} = 0.029$ $0.6 \times 0.003 \text{ km} = 0.002$ 計 = 0.161 | 0.38 | 1 |
| | | | 2.99 | 5 |

注) コース定数=小数点以下切り上

4) モデルコースの運動評価

本研究では、運動療法処方 (FITT) を基にモデルコースの評価を行う。FITT とは、Frequency : 運動頻度, Intensity : 運動強度, Time : 運動時間, Type of exercise : トレーニングの種類, の運動処方に大切な4つのポイントで、目的に合わせ適切な運動強度を設定することは、運動を効果的に行うために必要不可欠である。本研究では、心不全に対する運動処方 (表2-3) に準じる。

表2-3 心不全に対する運動処方

| | |
|------|---|
| 運動頻度 | ●週3~7回 (重症例は週3~5回) ●少なくとも週1回は外来リハビリに参加 |
| 運動強度 | ●最大能力 (最大酸素摂取量) の40~50%で運動 (指示されたトレーニング心拍数を守る) ●「ややきつい」と感じる, 軽く息がはずむ, 軽く汗ばむ程度 (ボルグスケール11~13) |
| 運動時間 | ●30~60分 (15~30分×2回に分けても可) |
| 運動種類 | ●早足歩き, 自転車こぎ, 体操 ●軽い筋肉トレーニング (低強度レジスタンストレーニング) |

運動強度は、運動時の負荷やきつさ、体重1kgあたりに身体に取り込まれる酸素の量が指標となり、以下の3つの指標を用いる。

- ① METs : Metabolic equivalents の略であり、安静時を1とし、何倍の代謝 (カロリー消費) もしくは強さの運動をしているかを表す (表2-4)。
- ② 心拍数 : 運動時、心拍数は酸素摂取量とほぼ比例して直線的に増加する。Karvonen法により目標心拍数を算出することで、より個々に対応した心拍数を算出することができる。))
- ③ 自覚的運動強度 (RPE=Ratings of perceived exertion, 一般的にBorg scaleを用いる。) (表2-5)

また、運動強度には、①路面（アスファルト、砂地）、②勾配（ルートの上り下り）、③歩行時の荷物重量、④気象条件（風、日差し、気温、湿度）が影響する。本研究では、心臓リハビリ対象者を対象とする休憩時間を含まない30分程度の山岳歩道コースということ前提としている。①路面、③歩行時の荷物重量は一定とし、④気象条件は好天とする。

運動強度に影響を与える条件としては、②勾配すなわち区間情報（h）最大傾斜に着目する。心血管疾患の危険因子による運動参加リスク（表2-6）に基づき医師の許可不要とされている中強度（60%HRR，6METs，心拍数110/min.前後）以下（表2-7）とし運動強度を6METs以下にコントロールする。

METs表(表2-4)に鑑みて、区間情報（h）最大傾斜が5%を超える区間については、歩行速度を4.0km/hに下げると心拍数、RPEを用い運動強度をコントロールする。なお、運動強度のコントロール指標として、心拍数を用いる場合は、次の①から⑤に留意する必要がある。

- ①年齢が増すにつれ推定最大心拍数（ $220 - \text{年齢}$ ）の誤差が大きい（1標準偏差 $\pm 10 \sim 12$ 拍/分の差が生じる可能性）。
- ②心拍数（安静時・運動時）に影響を与える心臓の薬や血圧の薬がある。
- ③病気の影響で心拍数は増えにくい人がいる。
- ④不整脈がある場合は、正確に心拍数を計測することが難しい。
- ⑤身体障害や筋・骨・関節に障害がある人では、設定心拍数以下であっても運動継続困難になる場合がある。

したがって、上記①から⑤に該当する参加者は自覚的運動強度を用いて実施する。RPEのBorg scaleは、ポイントに10をかけると、その時の心拍数に相当する。RPEと心拍数の相関（表2-5）は認められており、計算が難しい場合はRPEを用いる。

表 2 - 4 MET s 表 (歩行)

| 身体活動 (歩行) | | MET s |
|----------------------------|-------------------|-------|
| パードウォッチング | | 2.5 |
| 野原や丘の斜面をふつうのペースでハイキングまたは歩く | | 5.3 |
| 4.7~5.6km/h、 上り坂 | 1~5%の勾配 | 5.3 |
| | 6~15%の勾配 | 8.0 |
| 山に登る | 荷物なし | 6.3 |
| | 0~4.1kgの荷物を持って | 6.5 |
| | 4.5~9.1kgの荷物を持って | 7.3 |
| | 9.5~19.1kgの荷物を持って | 8.3 |
| | 19.1kg以上の荷物を持って | 9.0 |
| 4.0km/h、下り坂 | | 3.3 |

改訂版「身体運動のメッツ (MET s) 表」2012年 国立健康栄養研究所

表 2 - 5 RPE と心拍数の相対関係

| 自覚的運動強度 (RPE) | 運動強度 (HR%) | 運動目的 |
|---------------|------------|---------------------|
| 20 | 100% | 競技力 向上 |
| 19 非常にきつい | | |
| 18 | | |
| 17 かなりきつい | 85% | 体力向上 |
| 16 | | |
| 15 きつい | | |
| 14 | 60% | 健康維持 ・増進 体力回復 |
| 13 ややきつい | | |
| 12 | | |
| 11 楽である | 40% | 日常生活 リハビリ |
| 10 | | |
| 9 かなり楽である | | |
| 8 | | |
| 7 非常に楽である | | |
| 6 | | |

健康づくりの至適運動強度

表 2 - 6 心血管疾患の危険因子

動脈硬化年齢（男性 45 歳以上，女性 55 歳以上）

1. 家族歴

父親（兄弟）が 55 歳以下，母親（姉妹）が 65 歳以下で心筋梗塞や突然死を起こしたことがある

2. 喫煙

3. 高血圧（140/90mmHg 以上）

※180/110mmHg 以上，100bpm（Beats Per Minute.）以上は運動不可

4. 脂質異常症

LDL-C:140mg/dL 以上，HDL-C:40mg/dL 未満

5. 糖尿病（境界型を含む）

6. 肥満 BMI（体重kg÷身長m²）25 以上（肥満症診断基準 2011）

7. 日常運動習慣がない

表 2 - 7 運動参加のリスク判定条件

| | ∨ | ∧ | ∧ | |
|--------|---------|---------|-------|------------|
| | 男性 45 歳 | 女性 55 歳 | 心疾患症状 | 主要な心血管危険因子 |
| 低リスク | 未満 | 未満 | なし | なし |
| 中等度リスク | 以上 | 以上 | なし | 1 つまで |
| 高リスク | 以上 | 以上 | なし | 2 つ以上 |

注 1) 中強度（60%HRR，6METs，心拍数 110/min.前後）以下の運動参加に関しては医師の許可不要。

注 2) 中等度及び高リスクでは高強度（60%HRR 以上）に参加する前に医学的監視下に運動負荷試験（心肺運動負荷試験：CPX）を受けることが勧められる。

5) コース縦断勾配の検討

縦断勾配により運動強度を推計するため、コース各ルートの区間はほぼ同一傾斜の区間で区切った。登りの区間で最大傾斜が5%を超えた場合は、歩行速度 4.0km/h (5.3METs) 以下で歩行、最大傾斜度が大きい箇所は、歩行速度を「とてもゆっくり (3.2km/h 未満=2.0MET s)」を目安とし、ハートレートデバイスで心拍数や PRF で歩行速度をコントロールし運動リスクの管理を自身でおこなう。次に、運動時間(表2-8)に留意し運動中に休息を入れる。モデルコースは30分程度のコースの為、15分程度で休息を予定し、熊野古道の景観や史跡を堪能できるポイントに休息地を設定する。

表2-8 心不全に対する運動処方

| | |
|------|---|
| 運動頻度 | ●週3~7回(重症例は週3~5回) ●少なくとも週1回は外来リハビリに参加 |
| 運動強度 | ●最大能力(最大酸素摂取量)の40~50%で運動(指示されたトレーニング心拍数を守る) ●「ややきつい」と感じる、軽く息がはずむ、軽く汗ばむ程度(ボルグスケール11~13) |
| 運動時間 | ●30~60分(15~30分×2回に分けても可) |
| 運動種類 | ●早足歩き、自転車こぎ、体操 ●軽い筋肉トレーニング(低強度レジスタンストレーニング) |

出典：国立循環器病研究センター

6) コース周回方向の検討

モデルコースの周回方向を決定するにあたり、ルートBは全ての区間で最大傾斜が5%を超えており、かつ(e)累計標高(+)のルート合計が大きいことから $I_R(aa' b' b) < I_R(bb' a' a)$ となる。従ってルートBは下りルートとし4.0km/h (3.3MET s) で下り歩行をおこないスタート点のゴールに至ることとする。

7) その他の留意点

(1) 事前準備

参加するトレッキングコースの距離や標高、縦断傾斜、自然環境、トイレの位置および

当日の天気を事前情報として収集・分析し、服装や補給水分（必要であれば食料）、服薬、身体管理のためのハートレートモニターなどの装備を整える。コースの情報は、スーパー地形やヤマレコ等のアプリで事前に取得できる。

前日は十分な休息と睡眠をとり、当日は、血圧（180/11mmHg 以上不可）や心拍（100bpm 以上不可）の健康チェックをし、運動参加の可否を決定する。

(2) 運動前準備

運動参加可の場合、運動前に関節の曲げ伸ばしや回旋など動的なストレッチを行い、身体を運動モードに切り替える。動的なストレッチの効果は①体温の上昇を促す、②動的関節可動域を向上させる、③神経の活性化が促進され、筋肉や関節がスムーズに動くようになることがあげられ、これにより運動中の怪我を予防する。

(3) 運動後セルフケア

運動後は、疲れを残さないよう静的なストレッチを行う。十分なクールダウンを行うことで怪我を予防でき、稼働した筋肉を緩めて可動域の柔軟性を高めることができる。また、運動を急に中止すると筋肉のポンプ作用が急に停止し、血液循環が悪くなり心臓に負担をかける場合があるため、身体を運動モードから回復モードに切り替える必要がある。

3. 結 果

1) 安心トレッキングのための利用指針

運動参加者は、既往歴や体力、運動の目的が一樣ではないため、心拍数や自覚的運動強度の変化に留意し、個別に歩行速度を調整する必要がある。モデルコースの歩行利用における管理指標と利用条件は、図2-14のフローチャートで示す。

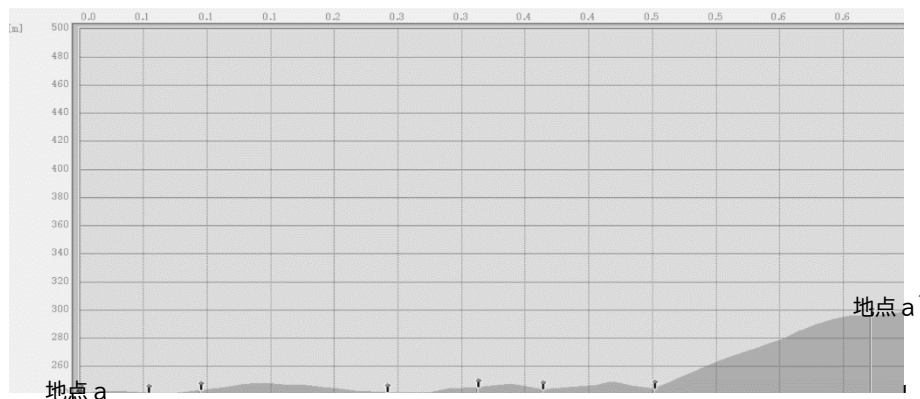
2) モデルコースの状況 各ルートごとに現状を測定した。

(1) ルート A

ルート A (地点 a から地点 a') (図 2-11) は, $I_R(a a') = 1.15$ である。ルート A 登りの 8 区間のうち, 区間 1 を除く 7 区間で最大傾斜が 5% を超えた。A ルート区間 2 から 8 では, 歩行速度 4.0km/h (5.3METs) 以下で歩行, もしくはハートレートデバイスで心拍数や PRF で歩行速度をコントロールし運動リスクの管理を行う。ルート A を歩行速度 4.0km/h で進むとした場合, 所要時間は 10 分となる。モデルコースでは運動 15 分程度で休憩とするため, 次ルートにて休憩を取る。

横罫線: 標高 20m 毎

縦罫線: 距離 100m 毎



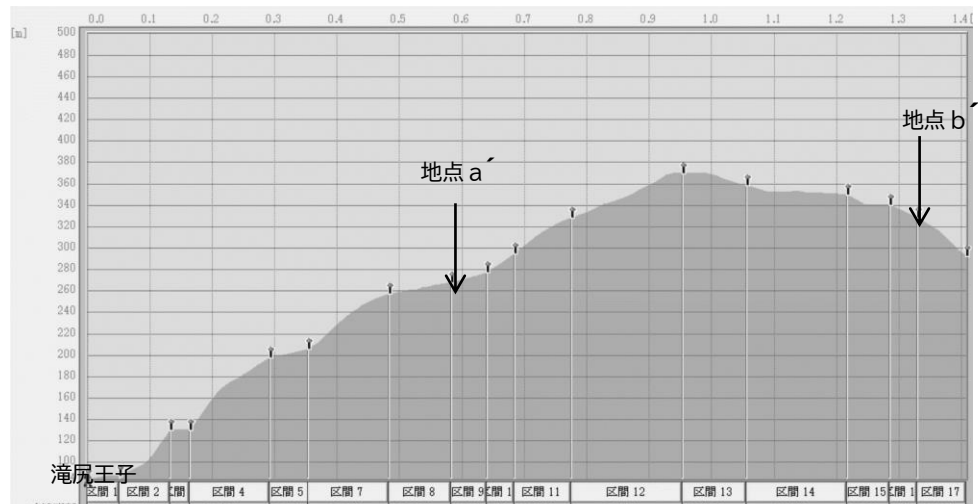
| ルート A | | 区間 1 | 区間 2 | 区間 3 | 区間 4 | 区間 5 | 区間 6 | 区間 7 | 区間 8 | 全区間 |
|----------|----|---------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| 距離 | km | 0.054 | 0.041 | 0.147 | 0.071 | 0.051 | 0.088 | 0.171 | 0.03 | 0.653 |
| 沿面距離 | km | 0.054 | 0.041 | 0.148 | 0.072 | 0.051 | 0.089 | 0.179 | 0.031 | 0.664 |
| 標高差 | m | -0.159 | 1.937 | -1.471 | 3.416 | -1.024 | 0.375 | 51.476 | 3.472 | 58.022 |
| 推定時間 | s | 50 | 43 | 143 | 78 | 51 | 92 | 420 | 38 | 373 |
| 累積標高 (+) | m | 1.247 | 2.203 | 5.06 | 3.669 | 2.872 | 5.009 | 51.475 | 3.472 | 75.007 |
| 累積標高 (-) | m | -1.405 | -0.267 | -6.531 | -0.253 | -3.897 | -4.633 | 0.000 | 0.000 | -16.985 |
| 最大標高 | m | 242.499 | 243.03 | 248.09 | 244.976 | 247.948 | 248.96 | 295.802 | 299.274 | 299.274 |
| 最大傾斜 | ° | 2.5 | 5.6 | 6.8 | 21.2 | 6.2 | 12.6 | 23.0 | 6.4 | 23.0 |
| 最大勾配 | % | 4.4 | 9.8 | 11.9 | 38.8 | 10.9 | 22.4 | 42.4 | 11.2 | 42.2 |

図 2-11 ルート A 縦断面図と区間情報

(2) ルート熊野古道中辺路

次ルート地点 a' から地点 b' (図 2-12) は, $I_R(a' b')=1.46$ である。滝尻王子から地点 a' までの区間 2, 4, 6 で最大傾斜 41.2° , 41.1° , 29.8° と急傾斜が続き, 利用者が期待する熊野古道中辺路のうち地点 a' から b' までの区間 10 から 15 を利用する。区間 10 から 11 は登り区間であり最大傾斜 5% を超える。区間 12 から 15 ではアップダウンが続くが最大傾斜 5% を超える区間は無い。区間 10 から 11 は, ルート A 区間 2 から 8 より最大傾斜度が大きいため, 歩行速度をととてもゆっくり (3.2km/h 未満) を目標に, ハートレートデバイスで心拍数や PRF で歩行速度をコントロールし運動リスクの管理を行う。この場合の区間 10 から 12 の所要時間は 5.3 分となり区間 12 で休憩をとる。休憩の際は, 熊野古道の特質を生かし, 景観の良い場所や史跡等とする。区間 11 と 12 ではこのルートの最大標高 370m ポイントがあり, ビュースポットとして期待できる。

横罫線：標高 20m 毎
 縦罫線：距離 100m 毎



| 熊野古道 | 区間 1 | 区間 2 | 区間 3 | 区間 4 | 区間 5 | 区間 6 | 区間 7 | 区間 8 | 区間 9 | 区間 10 | 区間 11 | 区間 12 | 区間 13 | 区間 14 | 区間 15 | 区間 16 | 全区間 | |
|----------|------|--------|---------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 距離 | km | 0.052 | 0.081 | 0.031 | 0.128 | 0.062 | 0.129 | 0.100 | 0.058 | 0.044 | 0.091 | 0.178 | 0.103 | 0.161 | 0.068 | 0.044 | 0.078 | 1.408 |
| 沿面距離 | km | 0.052 | 0.094 | 0.031 | 0.147 | 0.062 | 0.139 | 0.101 | 0.059 | 0.047 | 0.097 | 0.183 | 0.104 | 0.162 | 0.069 | 0.046 | 0.086 | 1.479 |
| 標高差 | m | 2.965 | 43.626 | 0.06 | 67.17 | 8.234 | 51.194 | 10.308 | 10.22 | 16.812 | 33.778 | 41.425 | -11.509 | -8.737 | -9.285 | -11.845 | -35.695 | 208.709 |
| 推定時間 | s | 56 | 598 | 28 | 789 | 83 | 445 | 123 | 90 | 132 | 277 | 342 | 85 | 141 | 58 | 34 | 118 | 3407 |
| 累積標高 (+) | m | 2.965 | 43.626 | 0.06 | 67.161 | 8.233 | 51.94 | 10.308 | 10.22 | 16.813 | 33.777 | 41.425 | 0.00 | 1.175 | 0.252 | 0.0 | 0.0 | 287.209 |
| 累積標高 (-) | m | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | -11.509 | -9.912 | -9.539 | -11.844 | -35.695 | -78.5 |
| 最大標高 | m | 87.183 | 130.809 | 28 | 198.03 | 206.263 | 257.457 | 267.765 | 277.985 | 294.798 | 328.575 | 370.000 | 370.000 | 358.491 | 349.755 | 340.467 | 328.623 | 370 |
| 最大傾斜 | ° | 5.5 | 41.2 | 0.1 | 41.1 | 8.9 | 29.8 | 11.5 | 13.7 | 22 | 25.9 | 19.8 | 0.0 | 3.3 | 3.9 | 0.0 | 0.0 | 41.2 |
| 最大勾配 | % | 9.6 | 87.5 | 0.2 | 87.2 | 15.7 | 57.3 | 20.3 | 24.4 | 40.4 | 48.6 | 36 | 0.0 | 5.8 | 6.8 | 0.0 | 0.0 | 87.5 |

図 2 - 1 2 熊野古道中辺路縦断面図と区間情報

(3) ルート B

ルート B (地点 b から地点 b') (図 2-13) は, $I_R(b' b)=0.38$ である。ルート B は下りルートとし 4.0km/h (3.3MET s) で下り歩行をおこないスタート点のゴールに至る。

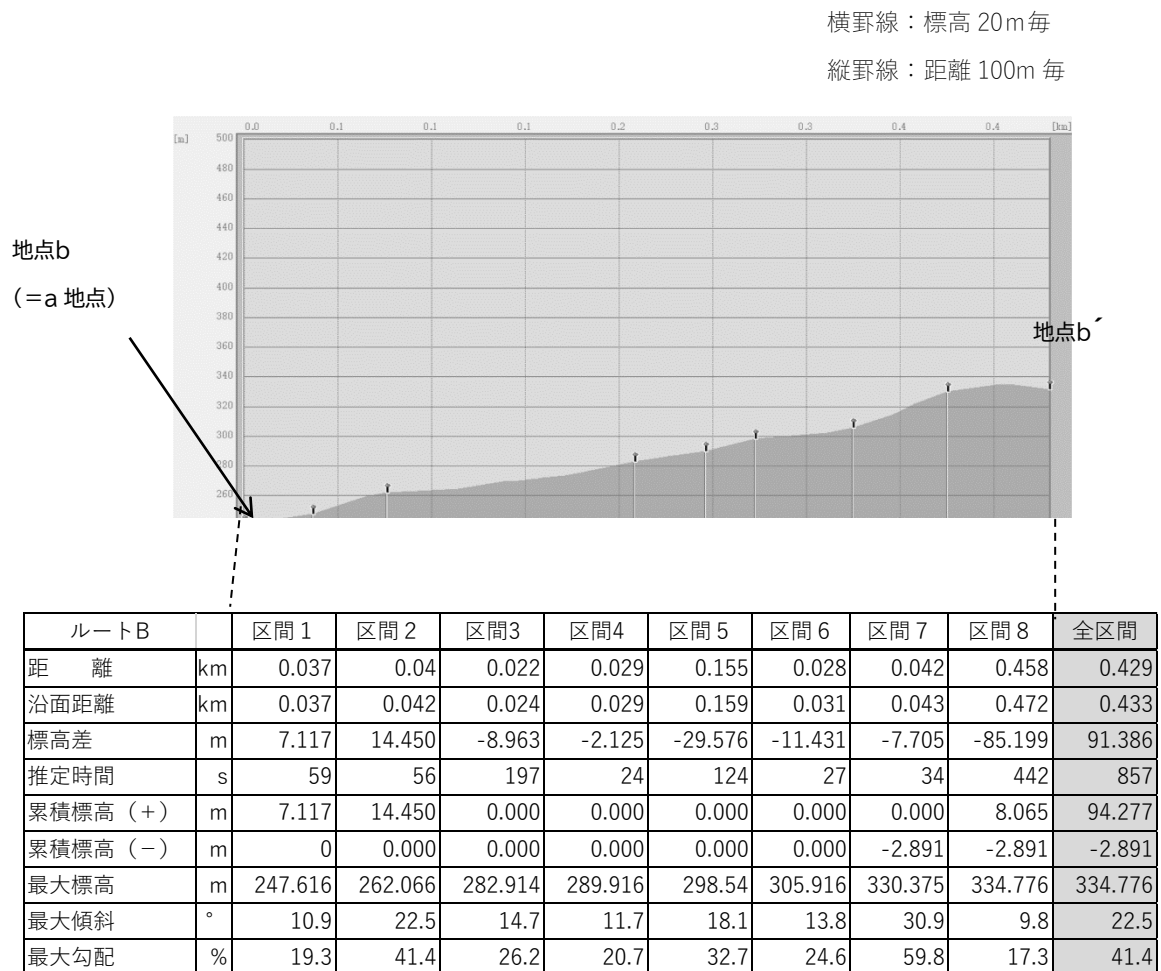


図 2-13 ルート B 縦断面図と区間情報

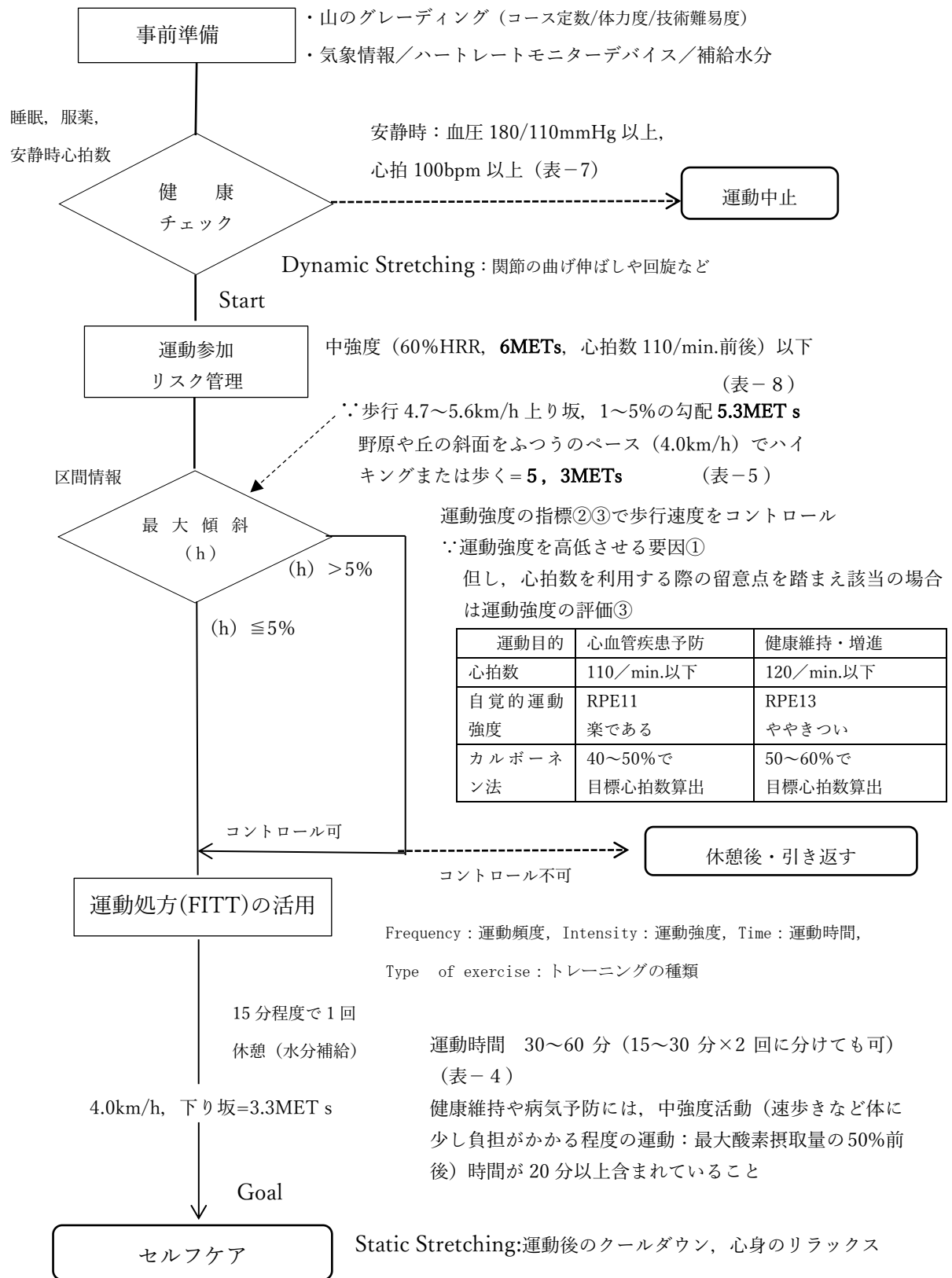


図2-14 安心トレッキングのコース利用指針

3) 運動マネージメント図

安心トレッキングのためのコース利用指針に基づくモデルコースの運動マネージメント図は図2-15のとおりである。

モデルコースの沿面距離 1.8 km, 標高差 133.2m, 所要時間約 30 分 (休憩時間除く), コース定数 3, コース定数 × (体重 60kg + 荷物 1 kg) = エネルギー消費量 180kca = 脱水量 180ml) である。モデルコースでは, 山のグレーディングの体力度 1 (体力的にやさしく初心者向き) = コース定数 10 を超えないことを目標に, 心血管疾患予防と心疾患なしの健康維持・増進を目的とした利用者に対応する安心トレッキングのコース利用指針に基づき運動マネージメントスケジュールを作成した。

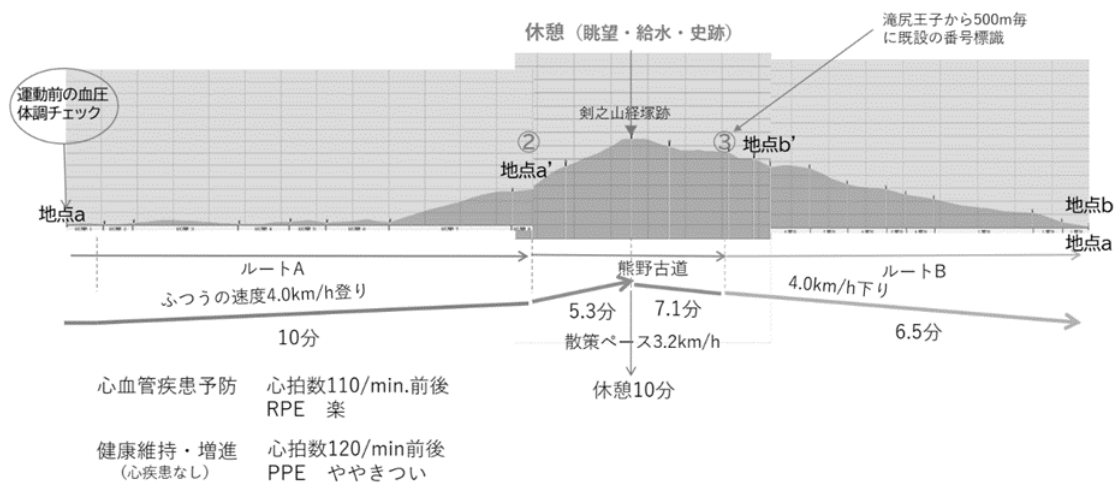


図2-15 モデルコース 運動マネージメントスケジュール

4) 運動管理手法の経済的な評価の検討

本来、熊野古道は世界遺産として文化的景観、すなわち、自然と人間の営みが長い時間をかけて形成した巡礼道の風景の保全(conservation)の視点から安易に改変が許されるものではないが、一方で巡礼道として土木学的な視点からの日常的なメンテナンスは不可欠である。「富士山 信仰の対象と芸術の源泉」として世界文化遺産に登録された富士山においては、山梨県は富士山の価値を守り、さらに高め、今後の日本の観光のあるべき姿を体現していくための試みとして「富士山登山鉄道構想」を策定した。^②そのような社会動向を踏まえ、熊野古道巡礼の道利用者の安全確保や健康管理の視点に立った施設整備は、利用者の高齢化が予想される今後ますますその必要性が高まっていくであろう。その維持管理や施設整備を進める過程で、本研究で提案する運動管理手法がどの程度経済的なメリットを生み出すのかについて、公共経済学（環境経済学）的評価・代替法により評価するとともに、医療経済学的手法の適用の可能性を検討した。

(1) 公共経済学的評価

公共経済学の一分野であると考えられる環境経済学の分野では、環境の価値を金銭単位で評価する環境評価手法が開発され、公共事業などで用いられている。顕示選好法(Revealed Preferences: RP)の代替法(Replacement Cost Method: RCM)を用い、モデルコースを改変する置換費用を概算し、運動管理手法を間接的に環境経済評価をおこなう。代替法は、環境が提供するサービスと同等のサービスを人為的に提供するために必要となる費用で環境の価値を評価するものである(栗山 他, 2013)。例えば、ある農地の保水機能の価値は、同等の保水機能を持つダムを建設するのに必要となる費用で評価する。運動管理手法を利用することで、熊野古道中辺路の管理自治体は、改良工事費用の支出を免れ、地域固有財の改変による喪失からも免れる。

ルート A→中辺路(a' b')において、勾配5%以下の傾斜路の作設費用を概算する。

傾斜 25° 以下は、傾斜が比較的緩やかであるため、切土、盛土の移動度を抑え、土構造を基本として作設することが可能である（和歌山県森林作業道作設指針）。橋梁架替が含まれる事業を除く田辺市林道開設事業費予算を参考に事業単価を 148 千円/m と設定する。ルート A は、1 区間の傾斜 2.5° を除き、2~8 区間がこれに該当する。ルート A 標高差 58.0m、傾斜 5% とした時の斜辺は約 665.4m である。事業単価から置換費用は 98,479 千円と推測できる。

中辺路（a' b'）は、5 区間のうち、2 区間で勾配 5% を超える緩～中傾斜区間がある。この区間の標高差は 75.2m、傾斜 5% とした時の斜辺は約 862.8m である。置換費用は 127,694 千円と推測できる。このことからルート A→中辺路（a' b'）での置換総費用は 226,173 千円となり、モデルコース中 2m とした時の 142,165 千円は、運動管理手法の環境経済評価価値となる。

中辺路（滝尻王子 b'）が本来の熊野古道であるが、中辺路（滝尻王子 a'）は、9 区間の殆どが中～急傾斜地であり、2 区間で傾斜 40° を超える。モデルコースより更に高額な置換費用が予測される。

田辺市令和 3 年度当初予算の主な内容（経常的経費）において、熊野古道の維持管理費は、文化財費に熊野古道の管理 6,864 千円、熊野古道の森保全事業 200 千円が計上されている。法令的視点はもちろんであるが経済的視点からも熊野古道改変は現実的ではない。

すなわち、本研究の手法を用いて歩行者の身体負担を管理して、実際の道路を改変によって身体負担を代替することによって 1 億円以上の経費を抑制することと等価であるとみなすことができる。かつ、熊野古道の自然環境を改変することなく保持でき、地域固有財の価値が本研究の価値と言える。

（2）医療経済評価

医療経済評価（health economic evaluation）は、従来からある低額な医療サービスと比

べて、新規の高額な医療サービスが、その費用に見合った効果を有するかどうか、それを定量的に評価する手法である（康永,2021）。

表 2 - 9 医療サービスに対する評価方法（康永,2021・Drummond MF,et al.,2015 加筆）

| | アウトカムのみ評価 | 費用のみ評価 | 費用とアウトカムの両方を評価 |
|----------------|---------------------------------|------------------------------------|--|
| 複数の代替案を比較していない | アウトカムの記述 ・症例報告 ・症例シリーズ研究等 | 費用の記述 ・ある単一の医療サービスの費用 | 費用とアウトカムの記述 |
| 複数の代替案を比較している | アウトカム分析 ・ランダム化比較試験等 | 部分的な医療経済評価 費用分析 ・複数の代替案の費用比較 | 完全な医療経済評価 (i)費用効果分析 (ii)費用効用分析 (iii)費用最小化分析 (iv)費用便益分析 |

表 2 - 9 において、医療サービスのアウトカムのみ評価しているものは、医療経済評価に含まれず、ランダム化比較試験（RCT）等の実施が基本条件となる。

本研究では、「森林環境の効用」について明らかにするため、「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」を目的とし、本章では、縦断面情報を基に運動強度（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利用指針を策定した。

多職種による心臓リハビリテーションが心不全患者の長期予後に及ぼす効果について、公益財団法人日本心臓血圧研究振興会附属榊原記念病院・院長磯部光章が代表を務める研究グループが国内 15 の多施設共同研究(Kamiya, et al.2020)で、合計 4339 例の心不全による入院患者を対象として、後ろ向きに 5 年間追跡して得られたデータの解析した結果、①心臓リハビリテーションを行った心不全患者では、統計的に様々な影響の要因を調整した上でも、退院後の死亡および再入院のリスクが 23%低かった。②フレイル（生理的な予備力が低下し、ストレスに対して抵抗力が弱くなった状態）心不全患者や心臓の収縮機能が

保たれている患者においても、心臓リハビリテーションの実施は良好な予後と関連していることが明らかとなった。田倉は、冠動脈疾患（主に心筋梗塞）後の回復期に実施される包括的な心臓リハビリを対象に、医療経済性をメタ解析で検証し、心臓リハビリの費用対効果は優れていると結論付けている。また、「心血管疾患に関連する医療費は世界中で増加している。そのため、医療資源の効果的な使用を可能にする効果的で費用効果の高い治療法が不可欠になっている。この効果的で費用効果の高い治療法として有力視されているのが心臓リハビリ」「どうやって心臓リハビリを普及させるかが今後の課題」と述べている（Takura, 2019）。絹川は「心臓疾患患者を対象とした運動療法は有効性が証明されており、ガイドラインでもクラス I の適応である。心不全に対する運動療法は標準治療であると考え取り組んでいかなければならない。」としている（絹川, 2017）。

運動管理手法を適用することで、利用者のライフスパンという長期的な視点で見れば NCDs の予防だけでなく、ロコモティブシンドロームなどの予防、認知症に対する効果も期待できる。しかし、医療費経済評価のためには、まず、医学的臨床研究の積み重ねによる本研究で提案する運動管理手法のエビデンスの確立が必要となる。その臨床研究計画については、第 4 章で述べる。次に、アウトカムを死亡もしくは再発などのイベントに置いた RCT 実施の必要がある。

現時点で得られる結果のみでは不十分であるが、心臓リハビリにおいて標準治療としての評価や第 1 章で述べた研究結果が得られていることは、本研究で提案する運動管理手法が利用者の健康維持・改善に寄与しうることを示唆しているといえよう。

4. 考 察

山岳歩道のトレッキング利用における利用者のリスク管理の意義は「利用者の安全安心」と「運動の質」の保証にある。そして事故発生を最小限に抑えることで地元自治体の財政的負担を軽減することが可能となる。第 1 章でも述べたが、登山における 3 大死因は、「外

傷」「心臓突然死」「寒冷障害(低体温症・雪崩埋没)」が知られている。長野県山岳総合センターと山岳遭難防止対策協会では、「長野県内で 2013 年に 14 人が心臓突然死で亡くなり、家族からの聞き取り調査では心臓病の既往を持った人は一人もいなかった」と報告しており、心臓突然死では、自身が心臓病を抱えている自覚がなく登山をしていたことがわかる(市川智英 2021)。いったん山中で発症すると救命はきわめて困難であるため、自身での登山前の身体状況の把握と登山中の身体管理と運動強度のコントロールが重要となる。

トレッキング初心者や心臓リハビリ対象者やその予備軍が安心して短時間・短距離のトレッキングを行うためには、1 日単位で体力度、技術難易度が示される山のグレーディングより細かなルート情報の提供・取得が必要である。遭難者の 77%が携帯電話等で連絡をしている(警察庁 2020)ことから、看板等の掲示の難しい熊野古道では、ルートの要所に QR コードによる情報の提供も検討できる。これにより、コース情報、救急情報に加えて、史跡や自然情報も休憩時間に活用できる。1 時間以上のコースではトイレ情報も必要となり、携帯品も増加に伴い、重量も増加する。

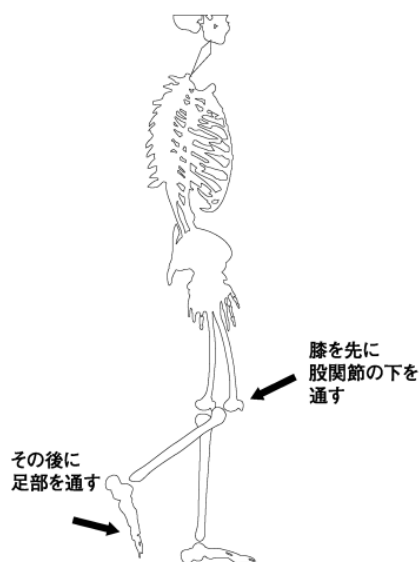
ウォーキング・トレイル事業に指定された富士河口湖町や茨城県古河市等、日本におけるウォーキング・トレイル事業は、アメリカ・ドイツ語圏・イギリス等のウォーキング先進国への視察を基に 1996 年から旧建設省(現国土交通省)で本格的に開始された。この事業は地域の自然や歴史、文化を知り、安全かつ気軽に散策等を行うことができる歩行者道ネットワークを整備するもので、歩くことを通じた健康・福祉活動を支援し、魅力ある地域づくりを図ることを目的としている((一財)道路新産業開発機構 1995)。

本研究では、世界遺産に登録され改変の困難なトレイルにおける利用者の運動管理指標と利用条件を明らかにした。これにより、幅広い年代の多くの人々が安心して熊野古道を歩くことが可能となる。

第3章 山岳歩道の安全利用

第2章では、人の循環器系の視点から「安心トレッキングのコース利用指針」について検討した。本章では、路面凸凹状態による歩行動作の安全性の観点から検討する。第1章1.5)で歩行においてバランス機能の保持の点から山岳歩道の優位性について述べた。一方で、登りでのトゥークリアランス (Toe clearance : TC) と下りでのヒールクリアランスは、「つまずき」が原因での転倒の誘因のひとつである。TCは、高齢者で常に低下しているわけではなく、体幹動揺や歩行遊期^(注)中の膝・足関節角度のばらつきを生じさせ、TCが低い歩行周期中に偶発的に転倒に結びついている可能性がある(相馬, 2016)。

(注) トウクリアランスのため膝が大きく屈曲する相。遊脚初期は、前遊脚期とともに加速期と呼ばれ、大腿の急速な前進は、身体全体が前へ進むための推進力となる。



膝を股関節の真下を通し、その後でタイミングをずらせて、足部を股関節の下を通すことでクリアランスを確保している。

図3-1 トウ・クリアランス (江原 2012)

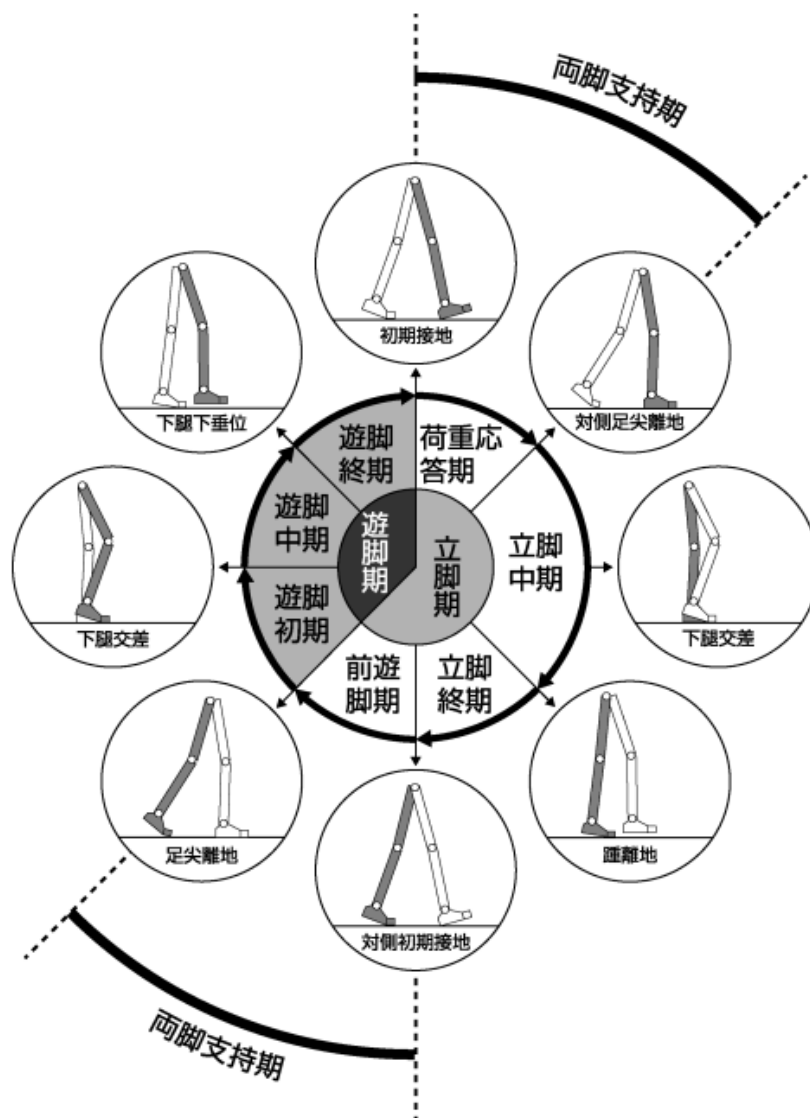


図 3-2 歩行周期の表記 (江原 2012)

Rowe は、ウォーキングをする人が自分で運動強度を調節するために、「歩くテンポ」を調節することが役に立つと述べている。個人の歩幅は身長あるいは脚長によって上限があるため、運動強度を上げるためには、歩くテンポを増やすことによって可能になる (Rowe et al.,2011)。

本研究では、心拍を用いて歩行速度を調整することで運動強度を調節しており、歩行速度が歩くテンポ（歩／分）に相当する。歩くテンポには、路面テクスチャ（凸凹や頻度、不周期性）が影響する。

山岳歩道においては、路面テクスチャが歩行者の「つまずき」に影響することが考えられる。安全トレッキングコースの策定やトレッキングコースの整備及び管理に資するべく、モデルコースの路面テクスチャ（路面凸凹）を測定し特異値の出現頻度によって山岳歩道の歩きやすさについて検討する。

1. 先行研究の研究手法

路面凸凹状態の測定は、第1章1の2) 山岳歩道の定義における図1-3「道路の種類」で示した「道路法の道路」の路面舗装の維持修繕の方法について研究がすすめられている。

これは、日本のインフラの老朽化が社会問題として注目され、道路管理者が定期的に点検・診断を行うことで、安全性の確保や維持管理の効率化につながる予防保全を目的としたメンテナンスサイクルの重要性が提言されることを背景としている。2日に1回のペースで車両による道路管理巡回を行い、路面性状の目視確認の道路管理の方法では、大きな時間的労力と破損箇所の見落としがあることが課題になっていた。

渡辺・八木・牧野(2015)は、路面性状の確認を効率的かつ効果的に実施するために、スマートフォン端末を車両のダッシュボード上に搭載して走行することにより、センサーデータを自動的に収集・蓄積し、その値から国際ラフネス指数、平坦性指標、周波数スペクトル等を算出し、路面の段差、ひび割れ、わだち掘れが生じている箇所の検知を行う路面性状の簡易診断サービスの実用に関する検討を行っている。

その結果、走行毎で国際ラフネス指数や平坦性指標の値に若干のばらつきはあるものの、路面段差やひび割れなどの検知ができ、さらにひび割れ路面走行時に周波数スペクトルの値が35~60Hz帯で大きな振幅を示す特徴があり、その特徴には走行速度には依存しないことや、わだち掘れ箇所においてはジャイロセンサーのロール角速度で不偏分散の値が大きくなることが知見として得られている。

なお、国際ラフネス指数(IRI: International Roughness Index)は、舗装の供用性能に乗り心地を取り入れる際の指標として、国道路路面の平坦性を評価するための世界共通指標として、世界銀行により提案された(池田・東島, 1998)。

道路橋でも、橋梁場を走行する自動車振動の主な原因が橋面の縦断方向の凸凹であると考え、縦断方向の路面凸凹パワースペクトル密度を用い、橋面凸凹の実際の状況を把握し、

走行自動車による道路橋の動的応答解析に関する研究が行われている（本田・城戸・梶川・小堀，1981）。

路面舗装の維持修繕および自動車の振動乗心地や走行性に関する研究から，路面凸凹調査報告は多いが，山岳歩道の維持管理においてこれらの研究方法でおこなわれたものはない。

本研究では，山岳歩道を Iot デバイスを用いて，測定者が歩行によりモデルコースの路面テクスチャ（路面凸凹）を測定し，その値から路面凸凹パワースペクトル密度を算出する。特異値の出現頻度によって山岳歩道の歩きやすさについて検討する。

2. 研究の方法

1) 路面テクスチャデータ取得

ルート A (地点 a→a'), 熊野古道, ルート (地点 a'→b') B (地点 b'→b) について, タブレット型 LiDAR 機器 (mapry※) を用い各ルートを行歩し, 路面テクスチャのデータ (点群データ) を取得する。

※mapry は, スマートホン iPhone, iPad の LiDAR 機構を備えたものを利用した, 周囲の物体形状を 3D スキャンする Apple アプリである。歩行路面に向けてレーザーをスキャンし, 路面表面の形状を点群 PCD として捉えた。PCD は計測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) として記録した (単位 m)。

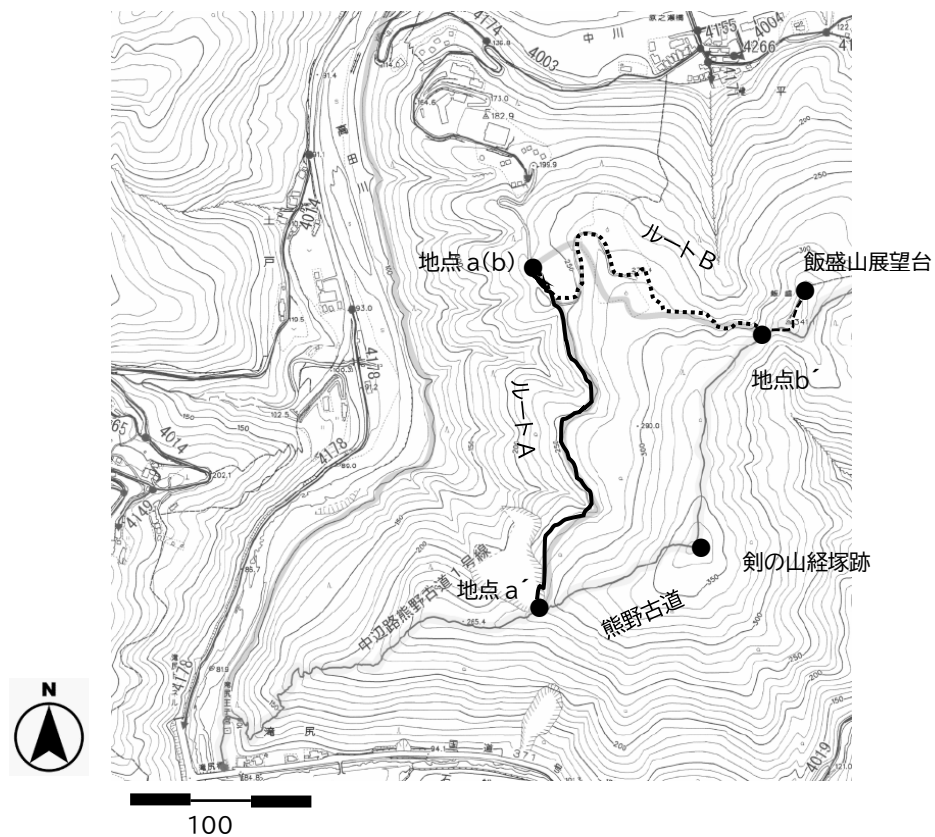


図 3-3 路面テクスチャデータ取得ルート

3. 結 果

1) 各ルートの路面テクスチャ

(1) ルート A (地点 a→a´)

古道ヶ丘から熊野古道中辺路に向かう山岳歩道。歩道の標識 1 本あるが、切り捨て間伐の間伐木が散乱し、歩道をふさいでいる箇所も多々ある。定期的に管理されていないことや COVID-19 感染症の影響もあり山岳歩道が利用されていなかったため荒れた山岳歩道となっており、歩行ルートが分かり難くなっている。



図 3-4
ルート A における歩道路面状況

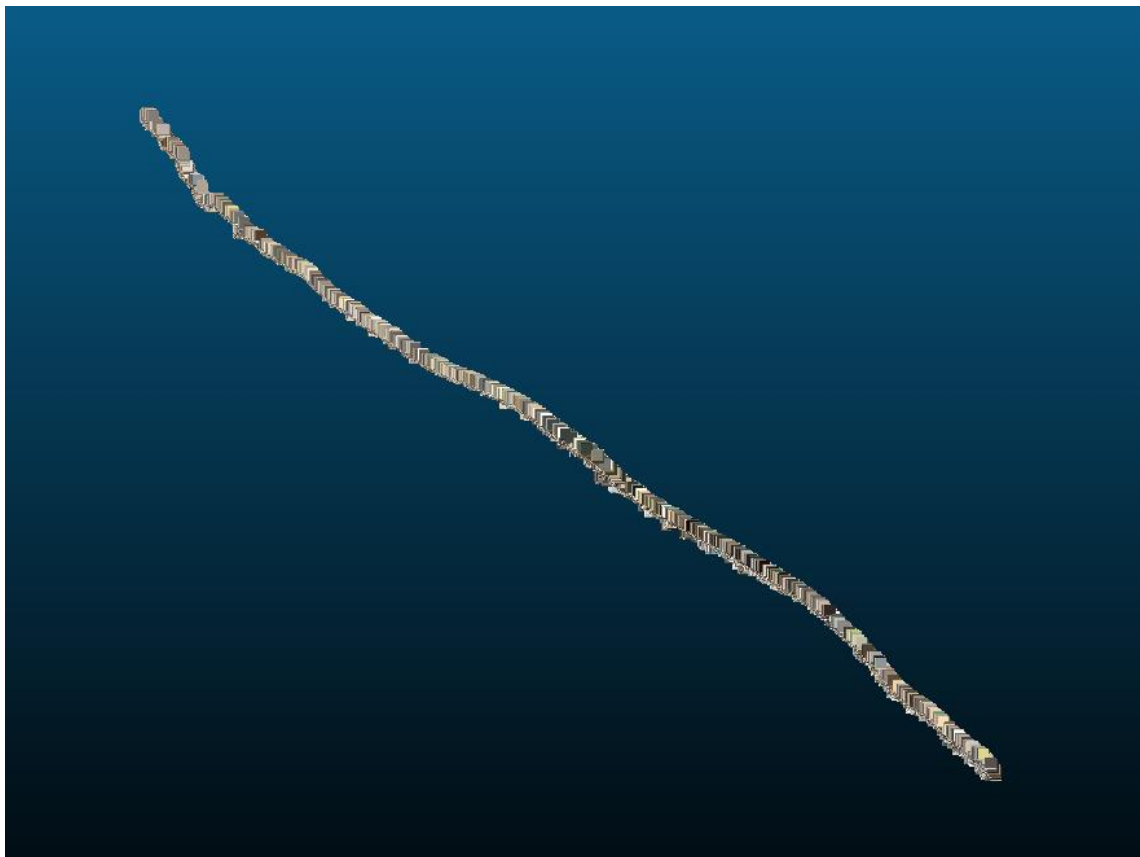


図 3-5 コース A 歩道路面 PCD

CloudCompare v2.11.3

(2) コース B (地点 b→b´)

平成 15 年度 (2001 年) に中辺路町が森林空間総合整備事業^(注)として、古道ヶ丘を整備し、古道ヶ丘から熊野古道を経て飯盛山展望台までの山岳歩道が整備されている。現在の田辺市は、平成 17 年 (2005 年) 5 月 1 日に、旧田辺市、龍神村、中辺路町、大塔村、本宮町の 1 市 2 町 2 村が合併して誕生した。コース B は、この事業により整備された山岳歩道である。

コース B は、コース A とは異なり、アスファルトの部分、階段や手すり、石垣など整備されており歩行ルートが分かりやすい。利用者の歩行と経年変化により傷んでおり改修の必要な箇所もある。

(注) 森林環境保全整備事業 (林野庁) —共生環境整備事業—森林空間総合整備事業
森林法 (昭和 26 年法律第 249 号) 第 10 条の 5 第 2 項第 5 号に定める公益的機能別施業森林区域 (以下同じ。) 内に存する森林であって、快適な環境の形成の機能又は保健文化機能の維持増進を図るための森林施業を推進すべき森林として森林法第 10 条の 5 に基づき策定された市町村森林整備計画に定められている森林において、不特定多数の者を対象とする森林環境教育、健康づくり等の森林利用に対応した多様な森林整備を行う。

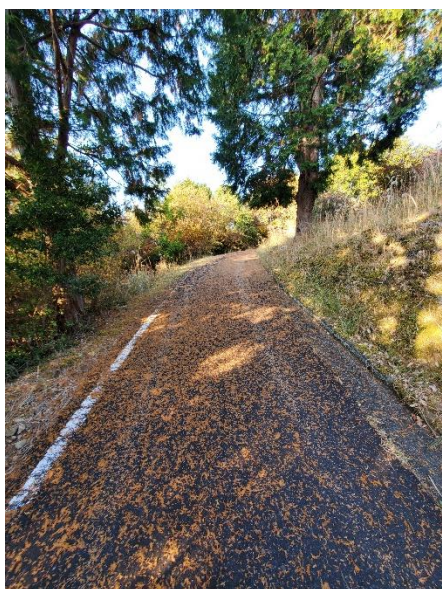


図 3-6 ルート B における歩道路面状況

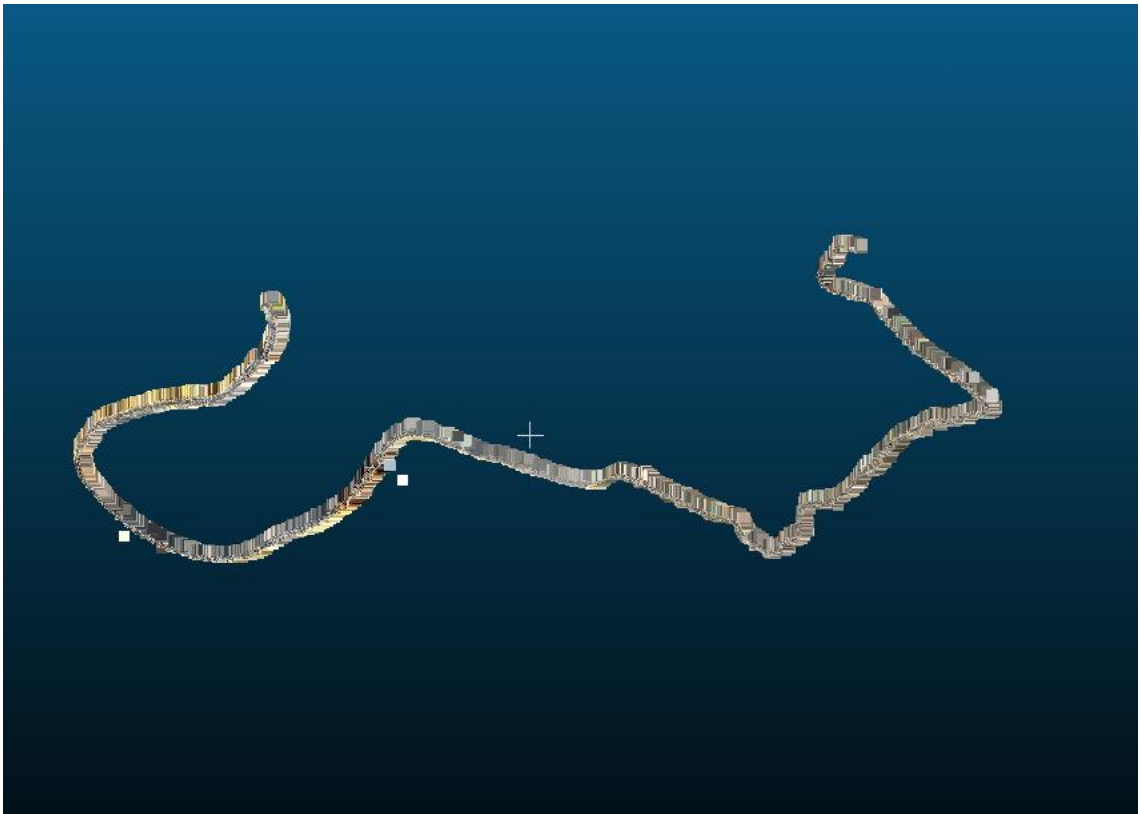


図 3-7 コース B の歩道路面 PCD

CloudCompare v2.11.3

(3) 熊野古道（中辺路）

平成 16 年（2004 年）に世界遺産登録後、田辺市から委託され森林組合が毎月熊野古道をパトロールし管理を行っている。平成 17 年 7 月には、田辺市が熊野古道沿いの環境保全を目的に「熊野古道の森を守り育む未来基金（通称くまもり募金）」を設置した。この基金は、古道沿いの森林全体の現状を調べ、管理されず荒れた場所は、基金を利用して市が土地を買い取る森林の購入や適正な維持管理（間伐や枝打ち、倒木の撤去、崩壊箇所への補修）に活用している。古道沿いに標識も設置されており、熊野古道のルートはわかりやすい。

滝尻王子から不寝王子（ねずおうじ）までの 0.5km（20 分）は、急傾斜の登りが続き、不寝王子から飯盛山展望台までの 1.1km（30 分）のうち、剣の山経塚跡から展望台までは緩やかな山岳歩道となる。モデルコースでは、緩やかな山岳歩道を利用した。

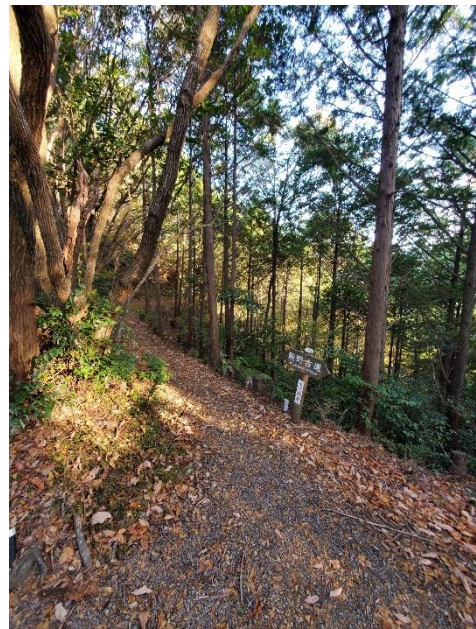
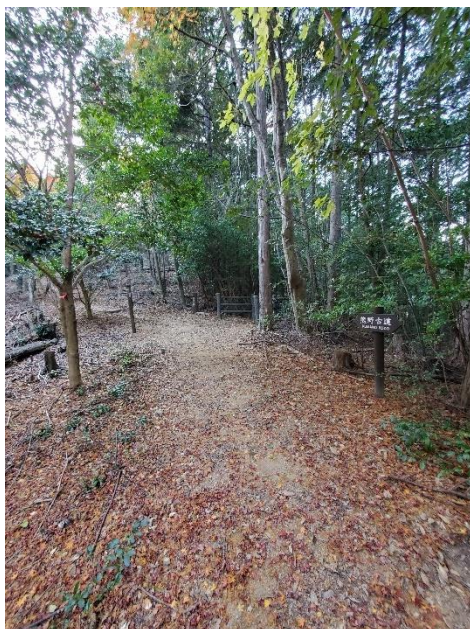


図 3—8 モデルコース熊野古道中辺路における歩道路面状況



图 3—9 熊野古道中辺路 標識



图 3—10 飯盛山展望台

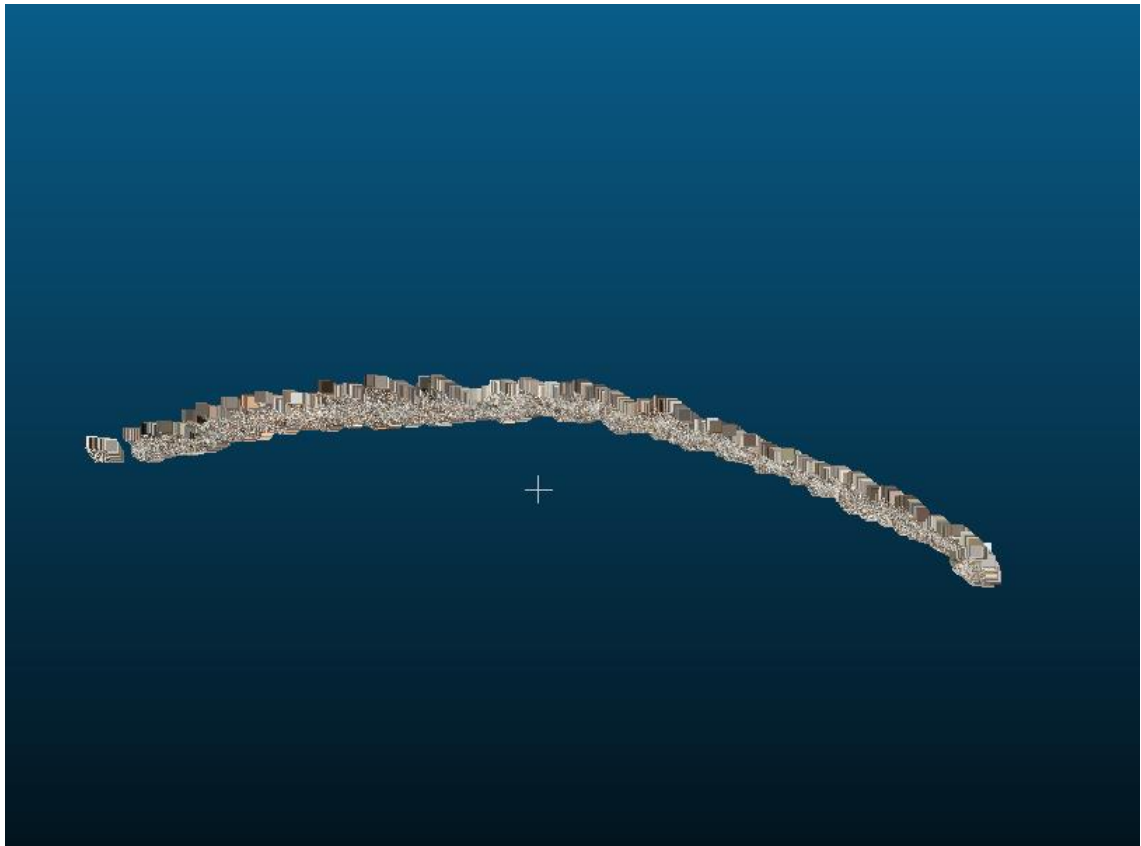


图 3—1 1 熊野古道步道路面 PCD

CloudCompare v2.11.3

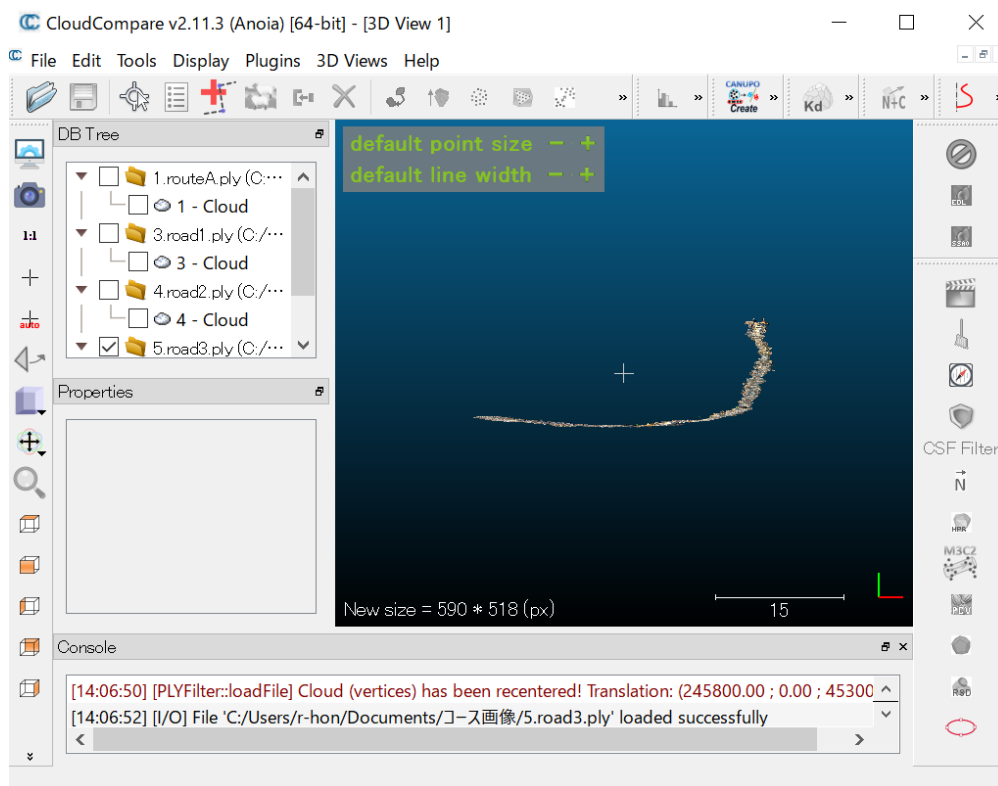


図3-12 熊野古道（地点b'から飯盛山展望台）歩道路面 PCD

CloudCompare v2.11.3

4. 結 論

登り利用で測定をおこなった 3 ルートのうち、整備された階段の箇所がなく、最も粗滑差が大きいルート A における、路面テクスチャの異なる 2 区間についてフーリエ級数変換処理をおこないパワースペクトルを算出した。

1) 解析の手順

(1) で取得したデータを PCD 形式のファイルとして保存した点群について下記の通り作業を行う。

- ① 路線始点-地表計測点直線を設定。
- ② 地表計測点凹凸を PCD から算出。
- ③ 視点からの距離—中心線標高の関係をフーリエ変換。
- ④ パワースペクトルから、路面の凸凹程度、周期（間隔＝頻度）を検討。

FFT を使用してフーリエ変換をすると、ある特定の周波数（周期）に対して、SIN と COS の 2 つの係数が計算される。この 2 つの係数のそれぞれを 2 乗して加算し、その結果の平方根をとったもの（絶対値）がその周波数での信号強度（パワー）、このパワーを観測した周波数軸に沿ってならべたものをパワースペクトルという。

以下、数式を用いて示す。

計測 PCD の路線始点を原点 (P_0) として、各地表点 (P_i) の距離 (L) を算出した。

$$L_i = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2}$$

P_i での凸凹量(d_i)は、 P_i の地盤高(G_i)と P_i での幅 1000 mmの移動平均 (g_i) とする。

$$d_i = g_i - \bar{g}_i$$

以上の d を l について、フーリエスペクトルを $D(f)$ 、パワースペクトルを $P(f)$ とすると下記の通りとなる。

$$P(f) = |D(f)|^2 = D(f) * D(f)$$

* は複素共役を表す

2) 解析の結果

ルート A の路面全域について、始点からの距離に応じた計測点地盤稿の平均高 E を周辺 1,000 点の平均地盤高 G との差を求め、当該地点の地盤高との差をその地点の起伏量 R とした。ルート A 計測区間の全点数は、74586 である。通常の地上 LiDAR 計測では、 m^2 当り数万点の計測点密度となるが、今回の処理には過密であるので、元データを間引いて用いた。この R を始点からの距離に応じた変動をフーリエ級数変換し、変動の周波数と強さを解析した。

区間 A1 と比較し、区間 A2 は、どのパワースペクトルの状態から区間 A2 の方が歩行難易度が高いといえる。段状の凹凸は、ルート上に散乱した切り捨て間伐材や小枝と考えられる。

こうした TC や歩くテンポに影響を与え、つまずきやすさに係わる要因である。

(1) 区間 A1

図-3 1 に、計測点 20000 から 21000 までの測点における路面凹凸のパワースペクトルを示す。10Hz あたりに大きなピークを示した。すなわち、区間内に 10cm 間隔で大きな凹凸が発生している箇所があることがわかる

MATLAB:FFT を使用したパワー スペクトル密度推定

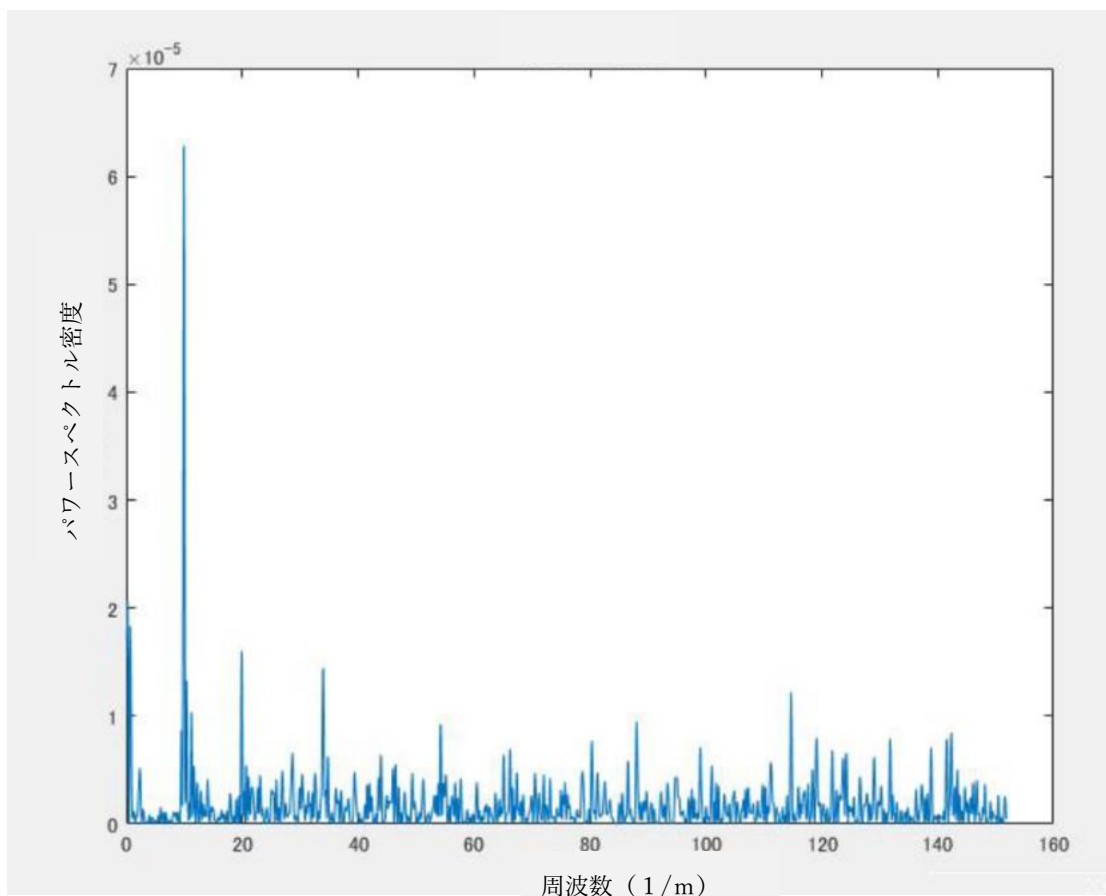


図 3 - 1 3 区間 A 1 計測点 20000 から 21000

(2) 区間 A2

同様に、図-3-2 に示す通り、計測点 40000 から 41000 においては、周波数 10Hz のピークの他に 55Hz に大きなピークを示した。これは 2cm 弱の間隔の頻度で頻りに凹凸が繰り返しある個所があることを示す。区間の実状況と照らし合わせて路面のパワースペクトルを解釈すると、段のような規則的な構造物が区間 A1, A2 の双方に見られることが共通であり、それが 10Hz のピークに表れていたと言えよう。さらに区間 A2 においては、それに加えて 2cm 弱の凹凸が頻発しており、その発生強度は段状の凹凸の 1.5 倍であった。

MATLAB:FFT を使用したパワー スペクトル密度推定

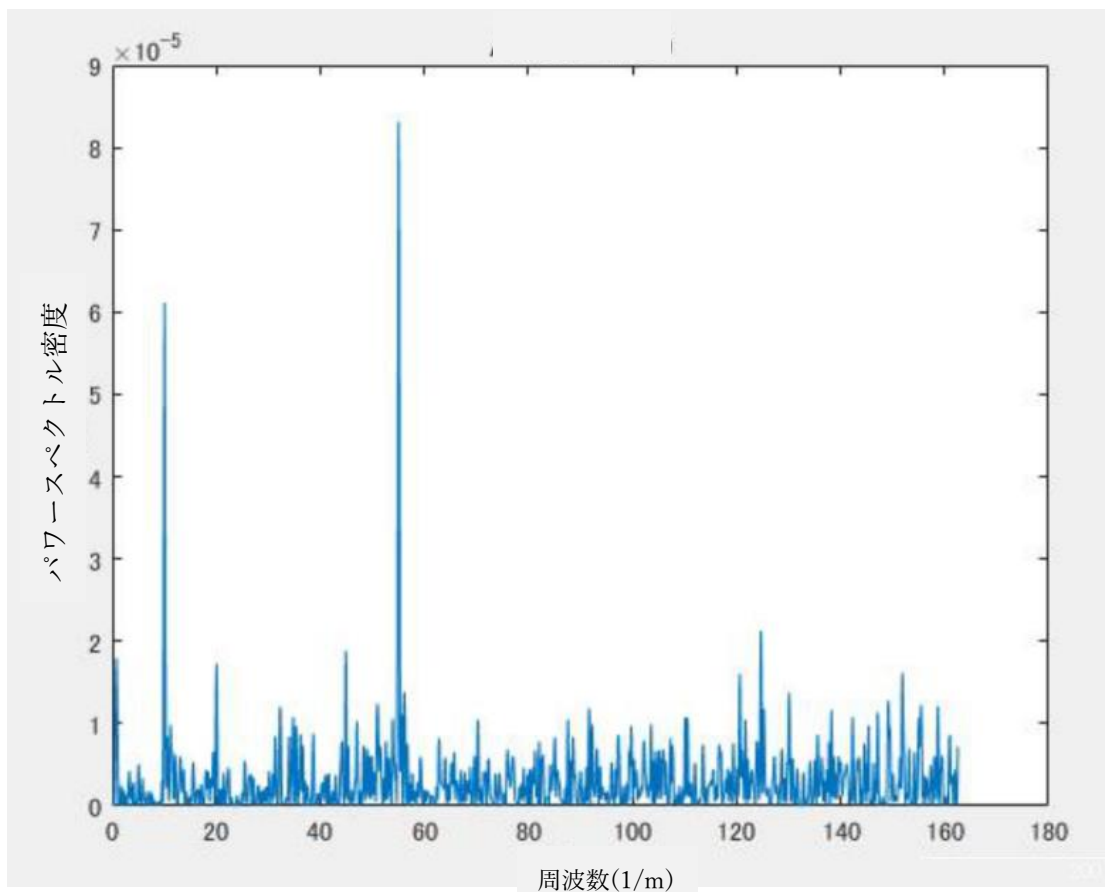


図 3-1 4 区間 A2 計測点 40000 から 41000

5. 考 察

コース歩行者の歩容を確実に安全に確保するためには、このように容易に路面状態を計数管理できる手法によって定期的に状態を把握し、手入れの検討を行うことが有効であろう。歴史的環境保全地域における山岳歩道を健康維持・増進及び心臓リハビリテーション利用に提供する際に、有用な管理手法である。また、一般的な散策歩道や遊歩道などの管理での利用にも資するものであると考えられる。また、路面の経年変化をモニタリングや記録が可能となる。

熊野古道は自然道であり、台風や大雨のたびに土砂が流出する。道沿いには人工林が多く、中には手入れが行き届いていない箇所もあり、安全を確保するためには、定期的な整備が欠かせない。森林組合の定期パトロールや和歌山県世界遺産センターの呼びかけによる企業や各種団体の熊野古道保全ボランティア活動に支えられている。

一方で、熊野古道は熊野三山への「信仰」「修行」「参詣」の道であり、地域の人々が利用する暮らしの道である。古くから山仕事や古道沿いにあるお地蔵さんや神社にお参りする人々が足しげく通うことで古道の異変に目が届き、結果的に保全が図られてきた。現状では、観光客は増えているが、過疎化で地元の人々が足を運ぶ機会は減っている。その結果、地域の暮らしと距離が開き、保全のための情報を入手する機会も少なくなっている。

2019年5月10日正午ごろ、和歌山県田辺市本宮町三越の熊野古道で、オーストラリア国籍の女性薬剤師（66歳）が崖下に約40メートル滑落し死亡した。道幅が80cmの箇所ですら後ろを振り返った際に体のバランスを崩し滑落した。2004年7月に熊野古道が世界遺産に登録されて以降、初めての死亡事故となった。

この報道を踏まえ「まずは林業や農業など周辺の産業を活性化させ、古道と人々の距離を縮めることだ。その上で、地元の市や町、企業や学校を挙げて古道を歩く機会を増やす方策を考えてはどうか。」と紀伊日報（2019年5月21日）は報じている。

中辺路町森林組合では、これまで、世界遺産の熊野古道の貴重な森を守ろうと、森林所

有者と15年間皆伐を実施しない協定を結んで森林整備を行う事業に取り組んだ。組合職員が森林所有者の理解を求め、水源かん養や土砂の流出防止のための間伐や広葉樹の植栽を行い、熊野古道沿いでは景観に配慮した伐採や枝切りを行った。田辺市令和3年度当初予算（経常的経費）において熊野古道の維持管理費は、「文化財費」に熊野古道の管理6,864千円、熊野古道の森保全事業200千円が計上されている。山岳歩道の安全な利用のためには、こうした管理に加え、日常的に歩行者に利用されることも重要である。

人の目視による山岳歩道の管理が最も望まれることであるが、ルートが長距離におよび人員確保や管理予算に課題がある場合や災害時に既設ルートでドローン等による画像取得と路面テクスチャ情報の収集・解析をおこなうことで要補修箇所を特定し、山林歩道の安全管理に役立てることができる。

本研究で利用した田辺市が管理する熊野の郷古道ヶ丘のモデルコースの路面管理においては、巡礼の道の世界遺産として世界的にも著名で、世界から広く歩行利用者を集めている熊野古道と一体とした路面管理が有用であると考えられる。来場者・利用者の激減で運営的に難局にある古道ヶ丘としては、モデルコースの利用者が増加することで経済面において、熊野古道としては、新たな利用者層の開拓につながることを期待される。

第4章 臨床研究の構築

第2章では、山岳歩道利用者の安心の観点から、安心トレッキングのコース利用指針を検討した。Kashmir 3Dにより歩行経路の縦断面情報を取得し、運動療法を用いて、心拍数を指標に運動強度(METs)をコントロールすることで心臓リハビリテーション対象者でも安心して歩くことができる方法である。理論的には成立するが、リサーチ・エビデンスの獲得が重要となる。また、安心トレッキングのコース利用指針について、医療経済学の視点からの価値を判断するためには、リサーチ・エビデンスのある手法であることが前提になる。

エビデンスを獲得するためには、段階的な臨床研究の積み重ねが必要である。まずは、Phase 1として健康な人に対し実施し、安全性の確認と身体機能の測定と評価を行う。次にPhase 2としてよりリスクの高い心疾患患者で社会復帰されている人を対象として有効性及び安全性の確認する。Phase 3では検証的試験として、比較試験をおこない、有効性と安全性を確立する。

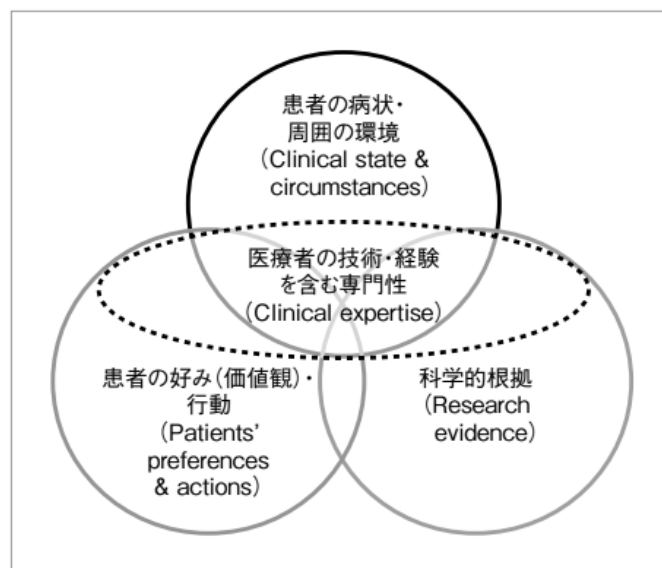


図4-1 科学的根拠に基づいた医療 (EBM)

Haynes RB et al.(2002)より引用改変

エビデンスを獲得することで、安心トレッキングのコース利用指針に基づき、健康な人や社会復帰を目指す心臓リハビリテーション者が安心して登山・散策を楽しむことができる。それだけではなく、現代社会の課題として注目され、厚生労働省が支援をおこなっている AYA (Adolescent and Young Adult) 世代や 69.6 万人と推計 (内閣府, 平成 22 (2010) 年 2 月) される引きこもりなどの人々が語り部とともに熊野古道中辺路のモデルコースを踏破することにより、達成感に基づく小さな一歩が社会復帰への道の後押しとなることが期待される。また本研究のモデルコースである歴史的環境保全地域、熊野古道の持つ「よみがえりの道」の霊性 (Spirituality) もそれに作用する (辻内 2005) ことが期待され、現代におけるよみがえりの道としての熊野古道の健康維持・増進及びリハビリテーション機能と言えよう。この山岳歩道のもつ霊性については、人の健康や死生観を支える概念の一つとして評価できる。

第 3 章では、路面状態を評価し、利用者の安全の観点から mapry を用いて路面テクスチャの点群情報を収集・解析し、つまずきによる転倒のリスクを低減する山岳歩道の整備・管理について検討した。

以上を基に、本章では、熊野の郷古道ヶ丘ー熊野古道中辺路を健康歩行利用実証の臨床研究フィールドとしての臨床研究のデザインについて検討した。臨床研究を重ねる実証の場を獲得することで、人の心身の健康維持・増進に対する有効性を確立することが可能となる。

臨床研究の研究説明書は、プログラムとして取りまとめ、資料として添付した。

1. 臨床研究計画立案の留意点

1) 研究デザイン

その第一段階として、健康な人を研究対象者とし、安心トレッキングのコース利用指針に基づきモデルコースを歩行してもらった臨床研究の計画を立案する。

研究のデザインは、エビデンス・レベルを決定するために重要なものである。本臨床研究は、観察研究－コホート研究－前向きとする（図4－2）。

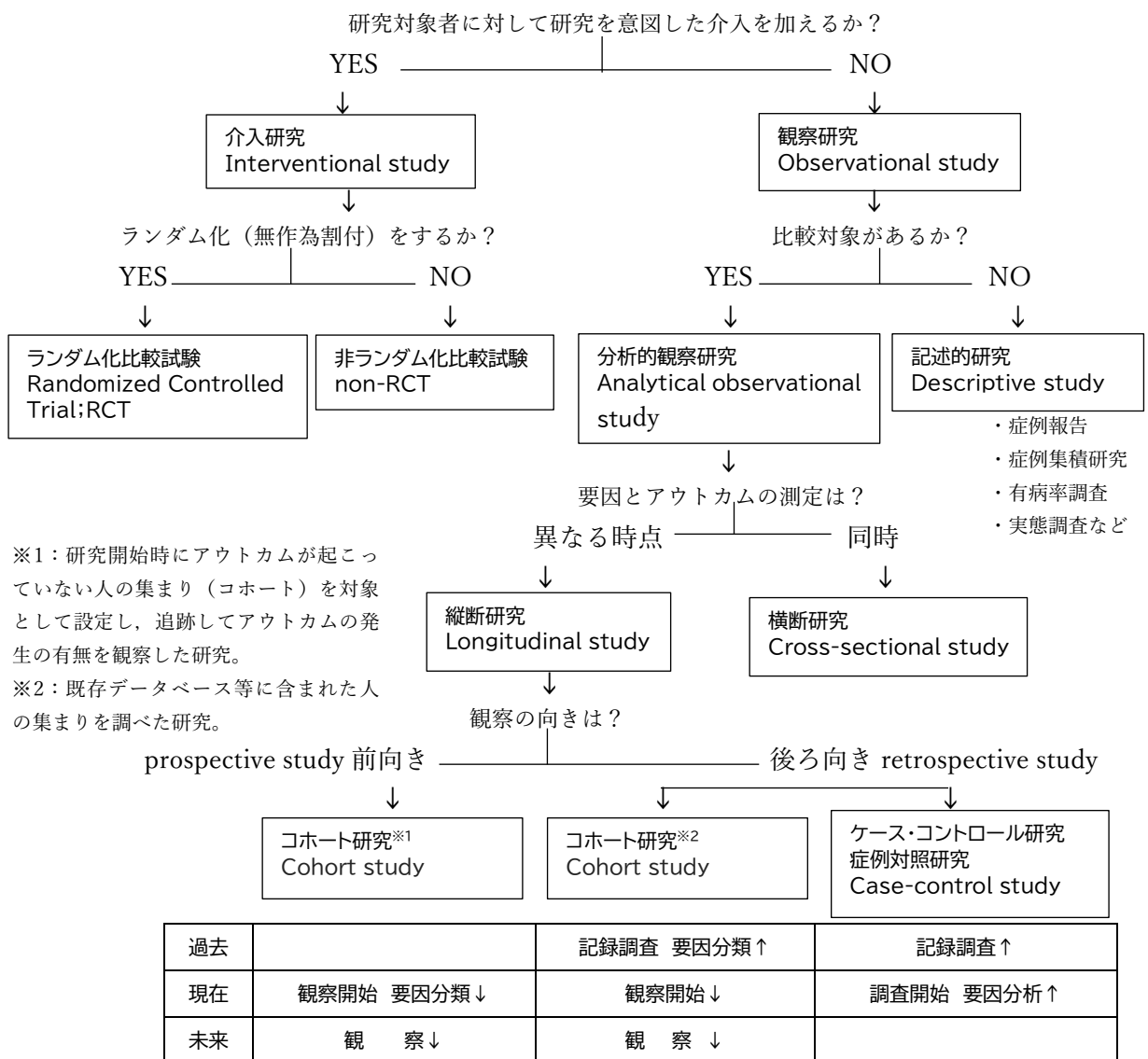


図4－2 研究デザインの分類 福原（2017）p.8 引用加筆

表4-1 RQの種類と研究デザインの分類 福原(2017) p.50引用

| デザインの分類 | 記述的研究 | 横断的研究 | コホート研究 | ケース・コントロール研究 | 介入研究 |
|------------------|-------|-------|--------|--------------|------|
| RQの種類 | | | | | |
| 疾患や診療の実績を調べる | ○ | | | | |
| 要因とアウトカムとの関係を調べる | | ○ | ◎ | ○ | |
| 治療・予防法の効果を調べる | | | ○ | | ◎ |

◎:最適 ○:適している

2) エビデンス・レベル

国立研究開発法人国立がん研究センターでは、「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を作ったのが、エビデンスレベル（証拠のレベル）と呼ばれるものである。」と定義している。ここでは、エビデンス・レベルの階層は、「Minds 診療ガイドライン作成の手引き」を参照し、本臨床研究のエビデンス・レベルは、研究デザインから4aとなる（表-12）。

表4-2 エビデンス・レベル

| Level | | Type |
|------------|----|----------------------------|
| 高 ↑ ↓ 低 | 1 | システマティック・レビュー/RCT*のメタアナリシス |
| | 2 | 1つ以上のランダム化比較試験による |
| | 3 | 非ランダム化比較試験による |
| | 4a | 分析疫学的研究（コホート研究） |
| | 4b | 分析疫学的研究（症例対照研究，横断研究） |
| | 5 | 記述研究（症例報告やケース・シリーズ） |
| | 6 | 患者データに基づかない，専門委員会や専門家個人の意見 |
| | | 動物を使った研究 |

※RCT: randomized controlled trial

引用：福井次矢・他（編），Minds 診療ガイドライン作成の手引き 2007. 医学書院

3) バイアス

バイアス(bias)とは、測定誤差のうち系統誤差を生じる要因のことを指す。バイアスが存在し、測定に系統誤差が伴う場合には測定値は真の値とは離れた値の周辺で変動する。したがって対象者数を増加させても真の値についての情報は得られず、むしろ間違っただ情報が蓄積されることになり、健康関連事象の頻度や予測因子と結果因子の関連の強の指標を正しく推定することはできない(若井建志 1999)。

バイアスの種類のうち、選択バイアスと情報バイアスは、研究デザインを立案する時点で制御しなければならず、データが収集された後に調整することができない。一方、交絡は、研究デザインを立案する時点で制御、あるいは統計解析の時点で調整する事も可能であるが、統計解析に対応できる十分なサンプルサイズが必要となる。したがって、バイアスを調整するために最も重要なことは、データ収集を開始する前段階である研究計画を立案する時点で、バイアスの制御を考慮した研究デザインを立てる事が必要である。本研究の臨床研究計画においても、これらを考慮し研究計画を立案する。

表4-3 バイアスの種類と調整

| | | 研究デザイン | 統計解析 |
|--|---|--------|------|
| 選択バイアス selection bias | 対象者を選定するとき、目的の母集団 (target population) と標本 (sample) の間に偏りが生じてしまうこと | ○ | × |
| 情報バイアス information bias measurement bias | 測定バイアス。収集されたデータに偏りが生じてしまうこと 測定バイアスを防ぐ最も有効な方法は測定や評価を盲検化すること。 | ○ | × |
| 交絡 confounding | あるアウトカムについて2つ以上の要因が考えられ、それぞれの原因がどの程度結果に影響しているか区別できないこと。要因とアウトカムの双方に関連し、片方の集団に偏って存在する交絡因子の存在によって生じる。交絡因子は、2つの集団のアウトカムを比較する際に、①アウトカムに影響を与える、②要因と関連がある、③要因とアウトカムの中間因子でない、という3つの条件を満たす。 | ○ | ○ |

4) サンプルサイズ

ケース・レポート，少数例のケース・シリーズ，一人を対象とした試験では，サンプルサイズの設定は不要であるが，エビデンス・レベル 4 以上の他の研究デザインでは，サンプルサイズの設定は不可欠である。

本研究の臨床研究計画は，エビデンス・レベル 4 である。対応のある t 検定を主解析として，標準効果量 $d=0.5$ ， α エラー=0.05（両側検定）， β エラー=0.2 に設定しサンプルサイズを計算した。

1) 事前の検定力分析 (A Priori Power analysis)

t 検定：2 群間の比較検定に関する計算を行う。本臨床研究では①である。

①対応のある：条件を変えて同一個体群から反復して測定したデータを比較する t 検定

②対応のない：条件の異なる 2 つ以上の個体群から収集したデータを比較する t 検定

2) パラメーターの設定

下記の 3 つパラメーターを設定し，残りの変数である「データ数 N」を算出する。

(1) 効果量 (ES)：群間での平均値の差や関連性の強さを表した数値で，効果量が高い

ほど検定力が高くなる。効果量 (小)：0.2，(中)：0.5，(大)：0.8

有意差があっても，その差が本当に意味のある差なのか判断する指標となり，有意差があっても効果量が低い場合は，意味のない差である可能性が出てくる（水本篤，竹内理，2008）。

(2) α エラー：本当は差が無いにも関わらず，差があると判断されてしまう確率である。

α エラーは，p 値と同じ意味で捉えられることもあり，一般的には 0.05（5%）で計算される。

(3) 検定力： β は，本当は差が有るにも関わらず，差が無いと判断されてしまう確率である。

検定力= $1-\beta$ で計算され，本当に差がある場合に，正しく有意差あると判断される確

率である。慣例に従い、検定力=0.8（80%）とした。

5) 臨床コース

第 3 章の検討を踏まえ、臨床コースは、整備され、つまずきによる転倒リスクが少く、歩行しやすい古道ヶ丘コース B から熊野古道を経て飯盛山展望台までのルートとする。

2. 臨床研究計画のデザイン

第2章、第3章の検討結果を踏まえ、次の通り研究計画書を作成する。人に係わる臨床研究の実施にあたっては、公的に研究参加者を広くリクルートし、かつ集合させ、さらに万一に備え医師の配置、実施地域の病院のバックアップ体制を整え実施することから、緊急事態宣言やまん延防止等重点措置など我が国の COVID-19 の感染状況が大きく影響する。1 回目の緊急事態宣言が 2020 年 4 月 7 日に東京都を含む 13 都道府県に発令されてから 20 ヶ月後の 2021 年 10 月 1 日より全ての地域で全面解除となった。

文部科学省、厚生労働省及び経済産業省により、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」及び「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」の両指針が廃止され、新たに「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」が制定（2021 年 3 月 23 日告示）された。新指針では、定義に「多機関共同研究」が新設され、「多機関共同研究に係る研究計画書については、効率化を図るため原則として一つの倫理審査委員会による一括した審査を求めなければならない。」と制定された。研究計画に関する手続・研究計画の倫理審査委員会への付議やその他の研究実施に係る手続が、「研究機関の長」から「研究責任者」が主体となって行われるよう変更された。これに従い、本研究も京都大学大学院医学研究科・医学部及び医学部附属病院 医の倫理委員会に一括申請した。

なお、(1) 研究計画書（概要）は、研究計画書の抜粋のため、図および表、その番号は、他の章から独立する。

1) 臨床研究体制

【研究責任者】

青山 朋樹 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻先端リハビリテーション科学
コース先端理学療法学講座運動機能解析学分野・教授・医師

【研究実施者】

藤井 美由紀 東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻
森林利用学研究室・博士課程後期

【分担研究者】

原田 圭子 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 先端リハビリテーション科学
コース先端理学療法学講座運動機能解析学分野・博士課程・健康運動指導士

加藤 雅也 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻 先端リハビリテーション科学
コース先端理学療法学講座運動機能解析学分野・修士課程・作業療法士

宋 霄楊 京都大学大学院医学研究科医学科・博士課程

小笹 寧子 京都大学医学部附属病院 循環器内科・医師

万木慎太郎 京都大学医学部附属病院 リハビリテーション科・医師

仁多見俊夫 東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻森林利用学研究室・准教授

2) 研究計画書（概要）

Phase 1 として、健康人を対象とした熊野の郷古道ヶ丘ー熊野古道中辺路のモデルコース歩行臨床研究として、京都大学大学院医学研究科・医学部及び医学部附属病院 医の倫理委員会に研究倫理審査のため研究計画書と研究説明書、同意書フォーマット、ポスターを作成し申請した。【資料】研究説明書は、研究参加者（予定者）には配布されるものである。これらを資料として以下に添付する。なお、申請書類のため図表の番号は、資料内限定とする。

研究計画書（概要）

1. 研究の名称

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の検討

2. 研究の背景

COVID-19 パンデミックにより、社会的距離が確保できる自然環境での運動が見直されている。その一方で、近年の中高年を中心とした登山散策ブームにより遭難者が増加している。令和2年度における40歳以上の山岳遭難者は78.4%、死者・行方不明者は91.4%を占めている。態様別では、道迷い44.0%、転倒13.8%、病気7.0%、疲労6.3%と体力の低下を意識していない初心者である⁽¹⁾。

この状況は、トレイルによる誘客を推進する自治体にとっては財政的にも課題となっている。長野県における山岳・高原に係る事業経費①山岳遭難防止のための経費、②山岳遭難救助活動のための経費、③山岳環境保全のための経費の総額は639,311千円（内、国庫補助額169,339千円、県職員の人件費は含まず。）であった⁽²⁾。

一方で、登山は、平地のウォーキングに比べ運動強度が高く、適切に行えば、短時間の運動でも筋トレに加え、有酸素運動の効果を得ることができる。また、筋肉量が増えることで、安静時の基礎代謝が増加し、長期的に見ると生活習慣病改善や肥満予防効果が期待できる。さらに、舗装されていない道での歩行は転倒の予防になる。ハイキング中の突然死の危険率の危険因子別では、心筋梗塞の既往10.9倍、狭心症の既往4.7倍、高血圧1.5倍、糖尿病7.4倍、脂質異常症3.4倍と生活習慣病に関連するものが多くなっている。同時に防御因子として「年間2週間以上のハイキング」で0.23倍、「週1回以上の高強度な運動」で0.17倍に抑えることができる。⁽³⁾

これらのことから、安心なトレッキングのために、また、生活習慣病予防改善のために、歩行者が自ら実施できる山林歩道における運動管理指標が必要である。

3. 研究の目的および意義

本研究の目的は、歩行者が安心なトレッキングのために、デバイスを利用し体力に合わせた歩行を自らが実施できる山林歩道における運動管理指標を明らかにし、心血管疾患の危険因子による運動参加リスクを踏まえ、運動療法処方に基づいた森林環境における30分程度のトレッキングコースを検討する。

これにより、歩行者が自身をコントロールし、安心してトレッキングを楽しむことができ、運動を習慣化することで生活習慣病の予防改善を図り、体力・筋力向上によりさらに上級のコースに挑戦する意欲を喚起することが期待される。また、歩行者が運動管理指標に基づき、自身の体力に合わせ運動をコントロールすることで山岳遭難者増加抑制の一助となる。

4. 研究対象者の選定

1) セッティング

研究実施場所は、熊野古道中辺路に隣接する、熊野の郷古道ヶ丘（所在地：和歌山県田辺市中辺路町栗栖川 844）とした（図一2）。熊野の郷古道ヶ丘は、AEDが設置されており、緊急時に緊急車両が熊野古道に近接できることから研究実験場所として選定した。研究対象者の募集については、インターネットやポスター等で広報し参加者を募集する。なお、参加者は田辺市民に限定しない。無作為に6～7名1グループとし、2グループずつ実施する。

2) 適格基準

・選択基準：健康人。以下の基準を満たし、除外基準に抵触しない者とする。

① 同意取得時に年齢が20歳以上の者

・除外基準：下記のいずれかに該当する者は、対象者から除外する。

- ① 妊娠中の者
- ② 服薬のある者（ β 遮断薬）
- ③ 心臓病，高血圧，糖尿病の者で医師から運動を禁止されている者
- ④ 整形外科的疾患等で医師から運動を禁止されている者
- ⑤ 精神科通院中の者
- ⑥ 統合失調症やてんかん，重度のうつの者
- ⑦ 利益相反のある者
- ⑧ その他，研究責任者が不適格と判断したもの

3) 予定研究対象者数及びその設定根拠

予定研究対象者数は，26名とする。その設定根拠は，下記のとおりである。

本研究では，対応のある t 検定を主解析として，標準効果量 $d=0.5$ ， α エラー = 0.05（両側 5%）， β エラー = 0.2 に設定しサンプルサイズを計算した。

5. 研究の方法及び研究の科学的合理性の根拠

1) デザイン

観察研究 前向き

2) 方法

研究対象者の登録は，参加申込があった時点で DB に登録し，臨床研究実施の日程の連絡に使用する。同意書を取得した時点で CRF を作成し，以下に測定項目を記載する。

- (1) 基本情報の聴取：性別，年齢，既往疾患（高血圧，脂質異常症，糖尿病など）・家族歴，常服薬，喫煙歴，運動習慣の有無，睡眠状況を聴取する。
- (2) 身体機能に関する測定：測定においては，運動する者が自身でコントロールするこ

とを目標としているため、一般で入手しやすい心拍計付きのスポーツウォッチなどのデバイスを用い、コントロールのリテラシーを身に付けてもらう。

- ① 体重, 身長: BMI を算出。
- ② 血 圧: 180/110mmHg 以上, 100bpm 以上は運動参加不可。
- ③ 心拍数: 安静時心拍数で目標心拍数を算出。運動時に心拍数で運動強度でコントロール。心拍数回復過程 = 運動後 1・2・3・4・5 分後心拍数⁽⁴⁾
- ④ 心電図: Apple Watch Series 6 で心電図 App^(A)を使って心電図をとる。心肺機能スクリーニング。
- ⑤ 血中酸素飽和度: Apple Watch Series 6 の血中酸素ウェルネス App^(B)で, 血中に取り込まれた酸素のレベルを測定。(パルスオキシメーター) SpO₂低値は, 登山中の疾病事故発生に關与する可能性が推測される。⁽⁵⁾
- ⑥ 歩数: 身体活動指標, コース歩行歩数 (休憩前: 登り/休憩後: 下り)
- ⑦ Mental stress index, Physical stress index, 自律神経バランス:Tas9 自律神経バランス分析 加速度脈波測定器(株式会社 YKC) 低~中強度の活動でも多くの歩行をする者は, 適切な自律神経反応に望ましい影響を与える。⁽⁴⁾

(3) 心肺運動負荷試験 (CPX)

(a) 狭心症の検出, 運動誘発性不整脈の評価: 心拍数, 心電図 (安静時/運動負荷中)

(b) 運動耐容能の評価

Peak VO₂(最高酸素摂取量): これ以上もはや運動ができないという強度における酸素摂取量,

AT(嫌気性代謝閾値): 好氣的代謝に無氣的代謝が加わる時点での酸素摂取量,

Peak VO₂/HR(最高酸素脈): 最大負荷時の心拍出量(心ポンプ機能)の指標

3) 測定項目と研究対象者のスケジュール

全ての研究対象者は、STEP1で、本研究に関するインフォームド・コンセントを実施する。同意が得られた場合のみ、(1) 基本情報の聴取、(2) 身体機能に関する測定、(3) CPXを行う。STEP2にて、血圧測定、睡眠状況などチェックし、モデルコース(図-2)での歩行(歩行時間30分程度、別途歩行中の休憩10分×1回)を実施する(表-4)。拘束時間はSTEP1=60~120(含むCPX)分、STEP2=90分を予定している。

基本情報の聴取・測定をおこない、ハイキング中の突然死の要因としてあげられている虚血性心疾患のリスクを回避するため、主要な心血管疾患危険因子のチェックをおこなう。

動脈硬化年齢(男性45歳以上、女性55歳以上)

- 家族歴 父親(兄弟)が55歳以下、母親(姉妹)が65歳以下で心筋梗塞や突然死を起こしたことがある。
- 喫煙
- 高血圧(140/90mmHg以上)
- 脂質異常症(LDL-C:140mg/dl以上、HDL-C:40mg/dl未満)
- 糖尿病(境界領域を含む)
- 肥満 BMI(体重kg÷(身長m)²)25以上
- 日常運動習慣がない

表-1 主要な心血管疾患の危険因子

表－2 運動参加のリスク⁽⁵⁾

| | 男性45歳 | 女性55歳 | 心疾患症状 | 主要な心血管疾患危険因子 |
|--------|-------|-------|-------|--------------|
| 低リスク | 未満 | 未満 | なし | なし |
| 中等度リスク | 以上 | 以上 | なし | 1つまで |
| 高リスク | 以上 | 以上 | なし | 2つ以上 |

注)・中等度及び高リスクでは高強度(60%HRR以上)に参加する前に医学的監視下に運動負荷試験(心肺運動負荷試験:CPX)を受けることが勧められる。

・中強度(60%HRR, 6MET s, 心拍数110/min.前後)以下の運動参加に関しては医師の許可不要。

前記に基づき、本研究で行う山岳歩行は、中強度(60%HRR, 6MET s, 心拍数110/min.前後)以下でおこなう。低リスクの参加者は、次に算出する目標心拍数で、中等度及び高リスクに該当した参加者は、目標心拍数と110/min.のうち数値の低い方の心拍数で運動する。

目標心拍数の算出

安静時心拍数を測定し、カルボネン法(Karvonen Formula)で目標心拍数を算出する。

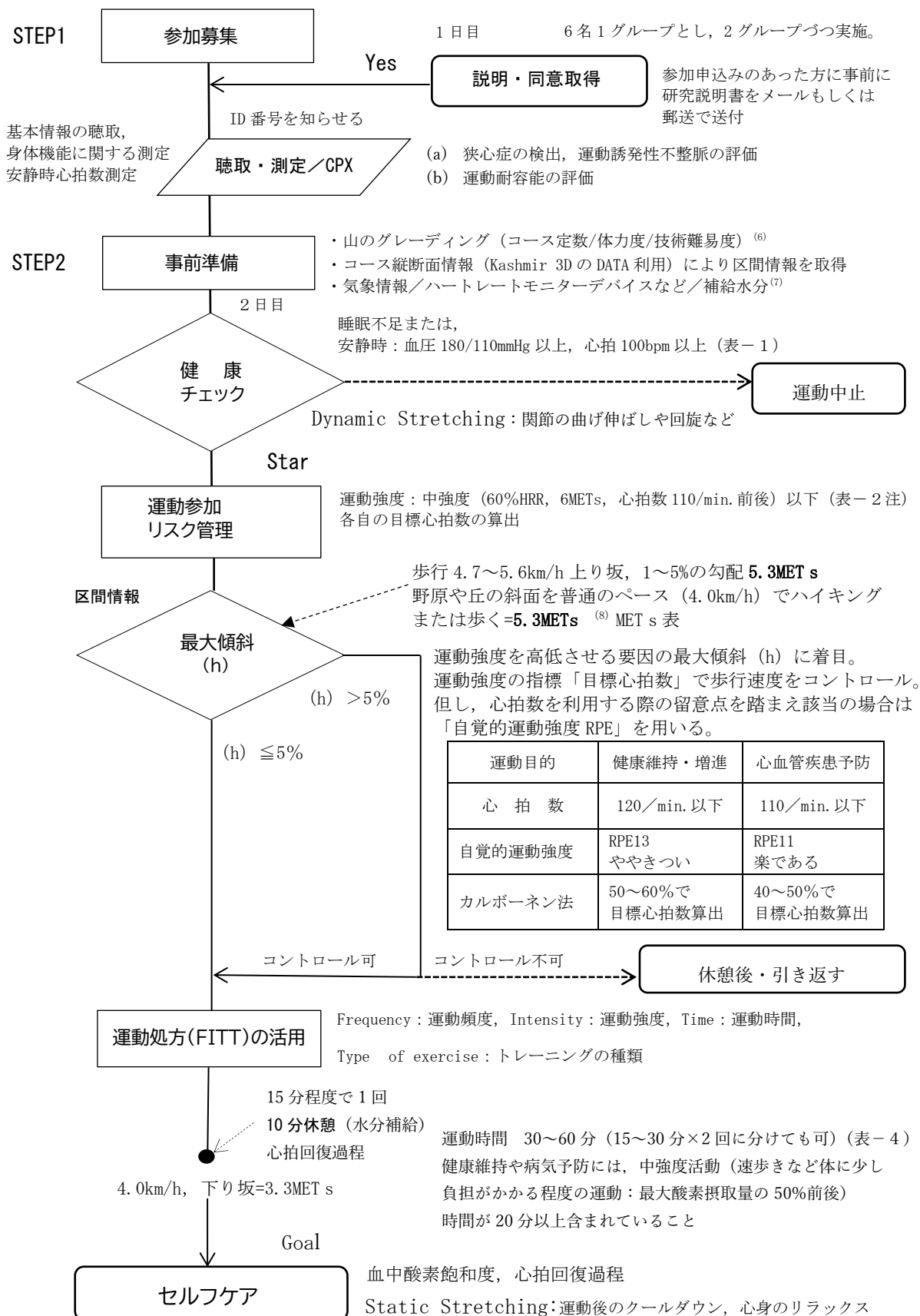
$$\text{目標心拍数} = \text{最大心拍数} (220 - \text{年齢}) - \text{安静時心拍数} \times \text{運動強度} + \text{安静時心拍数}$$

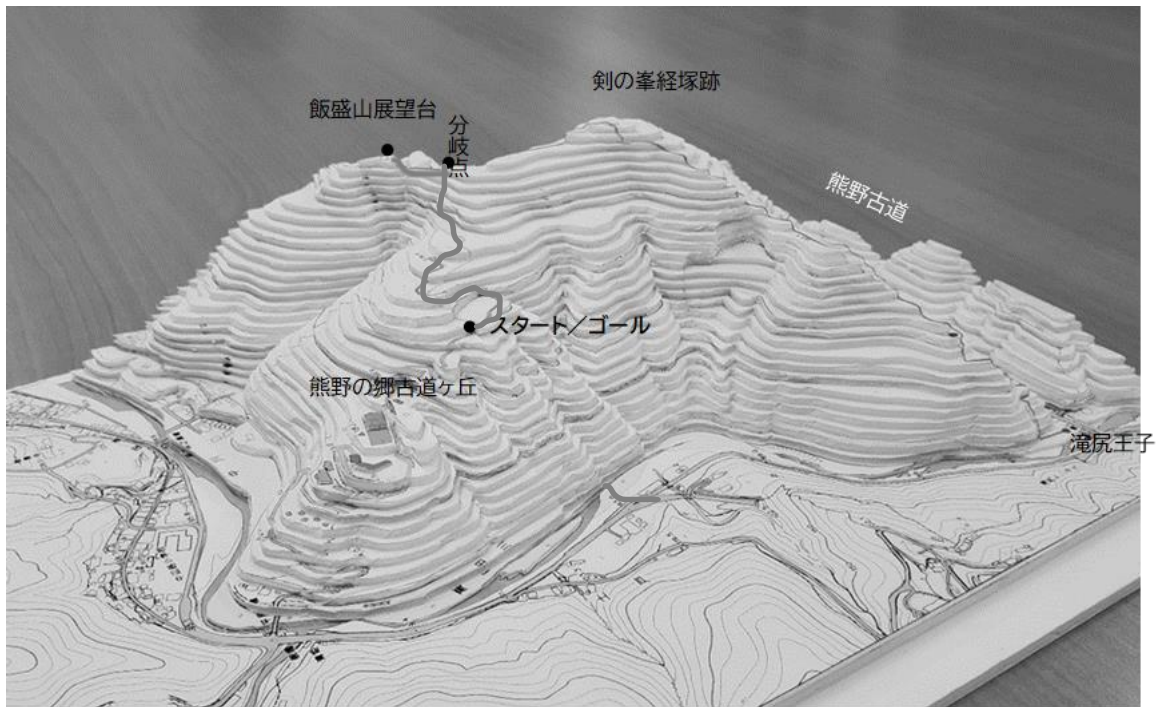
本研究で行う山岳歩行は、中強度以下でおこなうことから、測定した安静時心拍数と運動強度(60%HRR)を上記式に代入し、目標心拍数を算出する。ただし、前掲の式を利用する場合、下記に留意する。

表－3 心拍数を利用する際の留意点

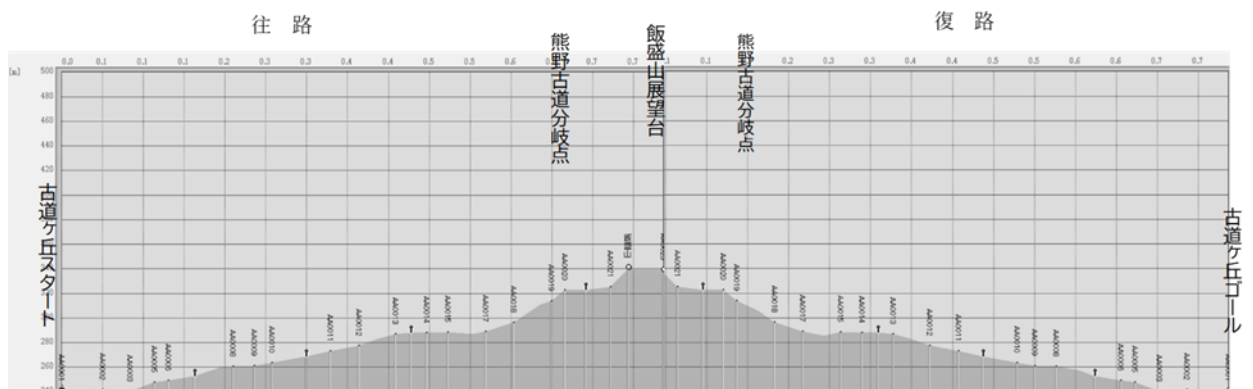
- ① 年齢が増すにつれ推定最大心拍数(220-年齢)の誤差が大きい。
(1標準偏差±10~12拍/分の差が生じる可能性)
- ② 心拍数(安静時・運動時)に影響を与える心臓の薬や血圧の薬がある。
- ③ 病気の影響で心拍数は増えにくい人がいる。
- ④ 不整脈がある場合は、正確に心拍数を計測することが難しい。
- ⑤ 身体障害や筋・骨・関節に障害がある人では、設定心拍数以下であっても運動継続困難になる場合がある。

図-1 運動管理指標と研究対象者のスケジュール





図一 2 モデルコース俯瞰図



散策ペース 3.2km/s 登り
約 20 分

休憩
10 分

4.0km/h 下り
約 12 分

| | | |
|---------|----------------|---------------|
| 運動目的 | 健康維持・増進 | 心血管疾患予防 |
| 心拍数 | 120/min. 以下 | 110/min. 以下 |
| 自覚的運動強度 | RPE13 ややきつい | RPE11 楽である |

注) コース縦断面情報 (Kashmir 3D の DATA 利用) により区間情報を取得

図一4 モデルコース運動マネージメントスケジュール

4) 解析の概要

- ① 主要評価項目 心拍数(運動コントロールの可否, 回復過程心拍:運動後1・2・3・4・5分後)
- ② 副次的評価項目
 - a.血中酸素飽和度: SpO₂ の正常値は 96%以上,
 - b.歩数: 身体活動指標
 - c.血圧
 - d. Mental stress index, Physical stress index, 自律神経バランス:低~中強度の活動での自律神経反応指標
- ③ 主な解析方法 統計学的有意水準を $p < 0.05$ に設定し, 対応のある t 検定を主要解析として, データ解析を行う。有意水準は両側検定とする。運動前, 血中酸素飽和度 SpO₂ の正常値は 96%以上と未満の 2 群に分ける。その後, 各測定項目に関して 2 群間の差を検討するために, 対応のある t 検定を行う。

6. インフォームド・コンセントを受ける手順

募集後, メールまたは QR コードにて応募のあった人に研究説明書をメールまたは郵送する。研究説明書を入手した方の質問には, メールまたは電話で対応する。STEP1 の集合時, 研究実施に先立ち, 研究者実施者が研究対象者に研究説明書を利用し, 十分に説明する。研究の目的や意義, 測定項目, 測定時間, 侵襲が少ない事等を説明し, 研究が実施又は継続されることに同意しないこと又は同意を撤回することによって対象者が不利益な扱いを受けない旨等を説明し, その後対象者の自由意思により参加を決定してもらい, 同意書へ署名してもらおう。これらの参加の同意をもって, インフォームド・コンセント手続きとする。

8. 個人情報の取り扱い

1) 試料等の匿名化の時期と方法

データ等の個人情報は研究責任者のもとに一旦集め、対象者の氏名を ID 番号に変換することで匿名化を行う。研究実施者、分担研究者は氏名が ID 番号に変換されたデータを用いて解析を行う。研究結果を学術雑誌や学会などでの発表することもあるが、個人のプライバシーは厳重に守られ、個人が特定されない方法でのみ行われる。

2) 対応表の管理方法

研究対象者の氏名と ID 番号の対照表はファイルで作成して研究責任者のみが管理し、指紋認証付き USB 等の媒体のみに保管し、研究責任者しか所持していない鍵の掛かる保管庫に保管する。

3) 保有または利用する個人情報等の項目と安全管理措置および留意事項

利用する個人情報は、基本情報（身長、体重、年齢、既往歴）、身体機能に関する測定項目（血圧、心拍数、心電図、酸素飽和濃度）の評価である。これらの情報は、各対象者に番号を割り振り匿名化を行う。対応表の管理方法は上記のとおりである。

【研究計画書参考文献】

- (1) 警察庁生活安全局生活安全企画課.令和 2 年における山岳遭難の概況.令和 3 年 6 月 17 日(2021)
- (2) 長野県地方税制研究会.山岳及び高原に係る費用の利用者負担のあり方についての検討結果, 平成 26 年 6 月 (2014)
- (3)M. Burtscher, O. Pachinger, M. F. H. Schocke, H. Ulmer. Risk Factor Profile for Sudden Cardiac Death During Mountain Hiking, Int J Sports Med 2007; 28(7): 621-624

- (4) 野田拓斗, 坂本理々子, 佐々木誠. 身体活動量と運動負荷試験における最高酸素摂取量, 運動後の心拍数の回復過程との関係. 理学療法科学 35 (3) : 421-424(2020)
- (5) 安藤岳志, 桃井貴裕, 高山守正, 川本雅司, 中村隆, 五十嶋一成, 五十嶋博文. 北アルプス中高年登山者における登山中の疾病発症予防 山小屋における SpO₂ 測定の意義(第 2 弾). Journal of Nippon Medical School (Journal of Nippon Medical School), 69 (6) : 674 : 2002 年 12 月 15 日
- (6) 長野県山岳総合センター. 信州山のグレーディング“の説明 (Rev.2) .2014, Rev.2 改訂
- (7) 山本正嘉. 登山時のエネルギー・水分補給に関する「現実的」な指針の作成, 登山医学 32 : 36-44.(2012)
- (8) 国立栄養研究所. 改訂版『身体活動のメッツ (METs) 表』, 2012 年 4 月 11 日改訂

(A)心電図 APP のしくみ

Apple Watch Series 4, Series 5, Series 6 の心電図 App は, 単極誘導 (または第 I 誘導) 心電図と似た心電図を生成します。医療機関では通常, 標準的な十二誘導心電図がとられます。この十二誘導心電図は, 心臓の電気信号をさまざまな角度から記録し, 12 個の波形を生成します。Apple Watch の心電図 App は, これら 12 個の波形のうち 1 つと似た波形を記録します。単極誘導心電図からは, 心拍数と鼓動のリズムに関する情報がわかり, 心房細動の分類も可能です。ただし, 単極誘導心電図は, 心臓発作など, その他の症状の特定には使えません。単極誘導心電図は, 基本的な心拍数や心拍リズムをより正確に把握できるよう, 医師の指示に基づいて自宅や医療施設内で機器を装着するのが通常ですが, Apple Watch Series 4, Series 5, Series 6 の心電図 App は, 医師の指示なしに, 単極誘導心電図に似た心電図を生成できます。

Apple Watch の心電図 App と, 同時に記録した標準的な十二誘導心電図を比較した研究では, 心電図 App による洞調律や心房細動の結果 (分類) に, 標準的な十二誘導心電図と

の一致が見られました。

心電図 App で記録した心電図が心房細動や洞調律という結果に分類された場合の精度を、約 600 人の被験者による臨床試験でテストした結果、これらの分類結果に関し、洞調律については特異度 99.6%、心房細動については感度 98.3% となりました。

臨床検査の結果には、制御された環境下での使用状況が反映されています。心電図 App を実際に使う場合には、判定不能や分類不能になる心電図の数が増える可能性があります。
<https://support.apple.com/ja-jp/HT208955> (2021 年 2 月 1 日検索)

(B)血中酸素ウェルネス App のしくみ

Apple Watch Series 6 では、光学式心拍センサーが再設計され、血中に取り込まれた酸素のレベルを測定する機能が追加されました。取り込まれた酸素のレベルを測定中、裏蓋のクリスタルから赤色と緑色の LED と赤外線 LED が手首を照射し、その反射光の量をフォトダイオードが読み取ります。

高度なアルゴリズムが、読み取ったデータから血液の色を計算します。この血液の色によって、明るい赤なら酸素量が多く、暗い赤なら少ないといったように、取り込まれた酸素のレベルがわかります。

注意事項

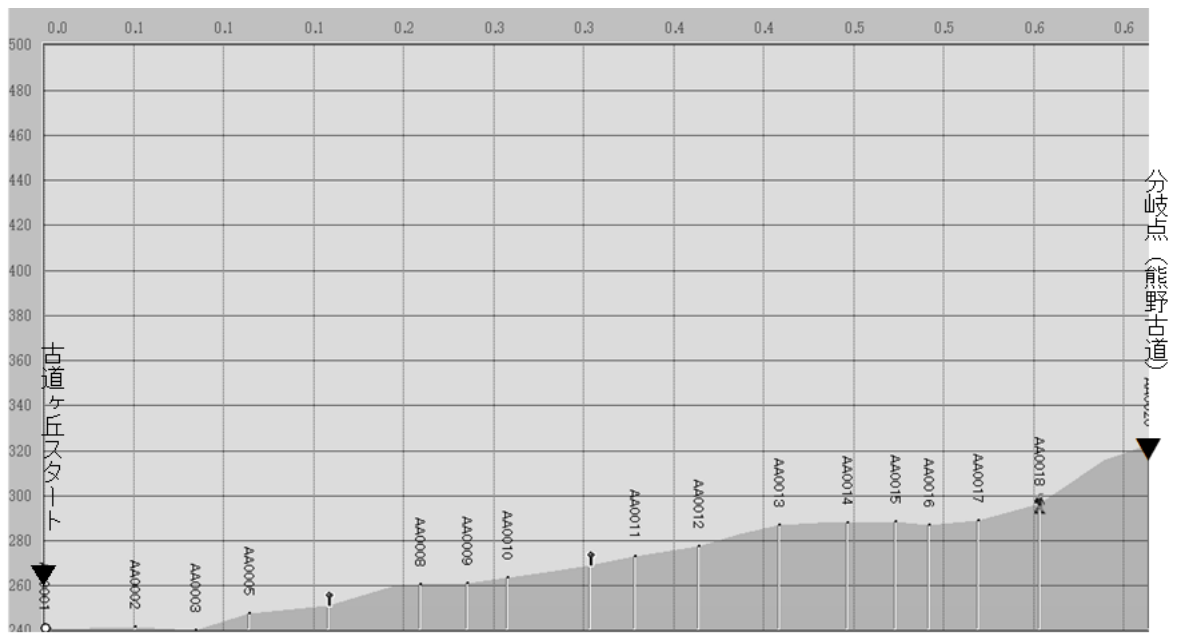
血中酸素ウェルネス App の測定は、医療用（自己診断や医師への相談を含む）ではなく、あくまで一般的なフィットネスとウェルネスを目的としたものです。

血中酸素ウェルネス App は 18 歳以上の方が対象です。

<https://support.apple.com/ja-jp/HT211851> (2021 年 2 月 1 日検索)

横罫線：標高 20m 毎

縦罫線：距離 100m 毎

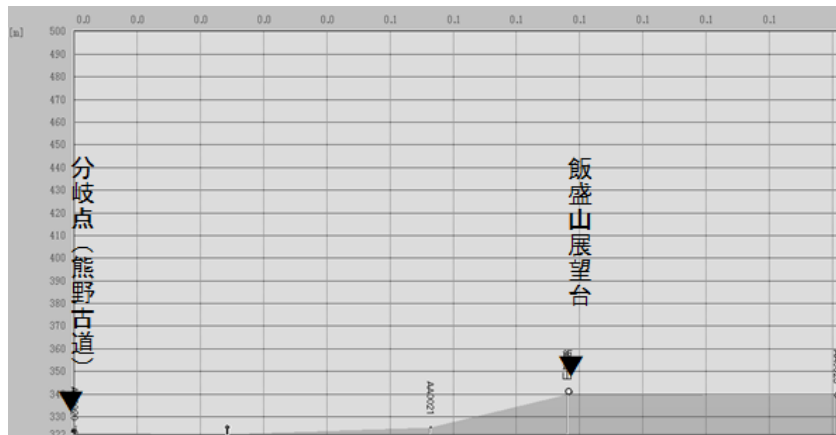


| 区間 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 計 |
|----------|----|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 距離 | km | 0.051 | 0.033 | 0.03 | 0.044 | 0.051 | 0.026 | 0.022 | 0.046 | 0.025 | 0.035 | 0.045 | 0.038 | 0.026 | 0.019 | 0.027 | 0.034 | 0.061 | 0.613 |
| 鉛直距離 | km | 0.051 | 0.033 | 0.031 | 0.044 | 0.052 | 0.026 | 0.022 | 0.046 | 0.026 | 0.035 | 0.046 | 0.038 | 0.026 | 0.019 | 0.027 | 0.035 | 0.067 | 0.624 |
| 標高差 | m | 1.241 | -1.604 | 7.413 | 3.851 | 9.316 | 0.624 | 2.032 | 5.764 | 3.862 | 4.304 | 9.785 | 1.113 | 0.323 | -1.562 | 1.910 | 7.647 | 26.403 | 82.422 |
| 推定時間 | s | 48 | 28 | 57 | 51 | 82 | 25 | 26 | 60 | 35 | 45 | 79 | 37 | 24 | 15 | 29 | 61 | 234 | 936 |
| 累積標高 (+) | m | 1.241 | 0.000 | 7.412 | 3.851 | 9.316 | 0.624 | 2.032 | 5.764 | 3.862 | 4.303 | 9.786 | 1.113 | 0.323 | 0.000 | 1.910 | 7.647 | 26.403 | 85.587 |
| 累積標高 (-) | m | 0.000 | -1.603 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | -1.562 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | -3.165 |
| 最大標高 | m | 241.743 | 241.743 | 247.552 | 251.403 | 260.72 | 261.344 | 263.376 | 269.14 | 273.002 | 277.305 | 287.091 | 288.204 | 288.527 | 288.527 | 288.875 | 296.521 | 322.925 | |
| 最大傾斜 | ° | 1.4 | 0.0 | 13.9 | 5.7 | 13.2 | 1.3 | 5.2 | 7.3 | 8.6 | 6.9 | 13.8 | 2.3 | 0.7 | 0.0 | 4.0 | 12.5 | 28.3 | |
| 最大勾配 | % | 2.4 | 0.0 | 24.7 | 10.0 | 23.5 | 2.3 | 9.1 | 12.8 | 15.1 | 12.1 | 24.6 | 4.0 | 1.2 | 0.0 | 7.0 | 22.2 | 53.8 | |

資料 1 - 古道ヶ丘から分岐点 (熊野古道)

横罫線：標高 10m 毎

縦罫線：距離 20m 毎



| 区間 | | 18 | 19 | 20 | 21 | 計 |
|----------|----|---------|--------|---------|---------|--------|
| 距離 | km | 0.024 | 0.032 | 0.022 | 0.043 | 0.121 |
| 鉛直距離 | km | 0.024 | 0.032 | 0.026 | 0.043 | 0.125 |
| 標高差 | m | -0.824 | 3.003 | 15.867 | -1.905 | 16.141 |
| 推定時間 | s | 21 | 38 | 176 | 38 | 273 |
| 累積標高 (+) | m | 0.000 | 3.050 | 14.681 | 0.000 | 17.731 |
| 累積標高 (-) | m | -0.824 | 0.000 | 0.000 | -0.736 | -1.56 |
| 最大標高 | m | 322.925 | 325.15 | 339.831 | 339.831 | |
| 最大傾斜 | ° | 0.0 | 5.4 | 34.0 | 0.0 | |
| 最大勾配 | % | 0.0 | 9.5 | 67.5 | 0.0 | |

資料 2 - 分岐点 (熊野古道) から飯盛山展望台

3. 緊急時対応

山岳歩道の安心利用，安全利用について論じてきたが，万全を期したとしても，緊急事態を免れるものではない。臨床研究実施時においても緊急時対応体制を検討しておく必要がある。その観点から，林業に係わる人々にインタビューを実施した。

- ① 天候や作業現場周辺の消防署や病院情報の事前確認。(事前確認)
- ② 作業員のペアリング，携帯電話や無線連絡網の整備。(連絡体制)
- ③ 応急処置/救命用品，飲料品の携帯のほか救急救命講座への参加。(事前準備)
- ④ 作業時だけでなく，作業地までの往復路，特に 1 日の疲労が溜まっている復路での注意。
- ⑤ 緊急時に救急隊は，自動車で到達できる地点までのため，負傷または発症現場から救急隊地点まで搬送手段の検討。

業務として山林に入るため，事前の確認・準備や緊急時の対応も考えられており，安全の大前提となる仕事道具の手入れの方法も各々の企業で工夫されている。④については，現場までの片道 1 時間歩行の負担を軽減するため，作業に必要な道具や飲料品などは先行して現場までドローンで運搬する工夫をしている企業もある。⑤については，現状では同僚の作業員の人力に頼らざるを得ず，AED も車中が多い。

(1) 現状での救急対応

本研究地である熊野古道中辺路については，古来よりそのままの状態で保全されている道（いわゆる未舗装の歩行のみ可能な土や石畳の道）と道及び周辺が開発されルートのみが残されている道（舗装整備等により車道となり，コンクリートやアスファルトで舗装された道）が存在する。上記の理由により，熊野古道歩行者が負傷や急病となった場合，場所によっては緊急車両の進入が不可能となる場合があるため，その場合は，現場から近い

道路に緊急車両を停車し、救助隊が歩行で現場に向かう、または、疾病負傷者の周辺にいる人で道路まで搬送するという救助方法となる。

熊野古道中辺路周辺にける負傷・疾病等（2019年5月滑落死亡事故除く）による救助隊出動件数については、以下のとおりである。（田辺消防署調べ）

これらの面から、荷物や急病・負傷者の搬送が可能な林内走行可能な小型ビークルの開発が待たれる。また、単独行動の場合は、Iot デバイスなどで緊急時連絡体制を整える必要がある。

H30年度（2018） 13件（内訳：一般負傷 10件，急病 3件）

R01年度（2019） 8件（内訳：一般負傷 4件，急病 3件，道迷い 1件）

R02年度（2020） 5件（内訳：一般負傷 3件，急病 1件，道迷い 1件）

（2）臨床研究フィールド（コース）での対応

臨床研究においては、実施チームのサポートの元でのグループでの歩行行動で、実施チームには医師が在籍している。また、古道ヶ丘にはAEDが常備されており、臨床研究コースにおいて、緊急車両が入ることができる地点から最も遠い飯盛山展望台までは264mである。

4. 考 察

本章では、第3章の知見に基づき臨床研究コースを設定し、臨床研究体制と臨床研究計画を策定した。臨床研究計画については、利益相反を含め、医の倫理委員会の承認を経て、多機関共同研究実施許可を得ているが、現状は実施ができない社会状況にある。

COVID-19は、2019年末に世界で最初の患者が報告されて、日本では2020年4月7日の緊急事態宣言発出以来、長期にわたり緊急事態宣言とまん延防止措置法の発出が繰り返

されており、現在も新型コロナウイルス感染症禍にある。

当該臨床研究は、実施場所と臨床内容から地元自治体である田辺市の協力が必要である。また、当該臨床研究における臨床研究参加者の募集および実施は、研究者個人名ではなく、大学名で実施することとなる。これらを踏まえ、新型コロナウイルス禍の世相に鑑み、それによる自治体の協力体制と実施主体である大学への社会的批判・抗議を考慮すると、新型コロナウイルス感染症が収束した時期での実施が最良であると考えらる。

第5章 まとめと総合考察

本研究では、「歩く」という人間の基本動作に注目し、自ら身体をコントロールすることに主眼を置き、論文題目である『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』の“歩行負担を考慮した”に表現した。本研究は、山岳歩道における歩行のためのリテラシーといえよう。本研究の目的としている「健康維持・増進」「心臓リハビリテーション（二次予防）」も自分の心身に関心を持ち、現在の状態や体力を把握することが出発点である。

歩行者の安心の観点から、医学的知見に基づき、歩行者自身が自身の体力に合わせ安心して歩くことを可能にする、山岳歩道における運動指針を示した。これは、自分の体の状態を知り、それに基づき自ら身体をコントロールするリテラシーである。

一方で、歩行者の安全の観点から、その山岳歩道でのつまづきによる転倒リスクについて、道路管理の手法を活用し、IoT デバイス（mapry）で取得した路面テクスチャ情報を解析、数量化・視覚化し、新しい山岳歩道の路面状態の評価方法を得た。この情報を歩きやすさに変換し、歩行者に提供することで歩行者が山岳歩道を選択することができる。山岳歩行のためのリテラシーである。

この2つの知見から臨床研究コースを設定し、コースの運動マネジメントスケジュールを提示し、臨床研究を実施する。臨床研究においては、コース歩行前にCPX（心肺運動負荷試験）を実施する。CPXは、登山者検診でも実施されており、自身の体力度である運動耐容能評価に加え、登山中の突然死の多くは心筋梗塞や致死的不整脈によるものと言われており、運動負荷を行うことで登山中に心筋梗塞に発展しうる重症狭心症を検出することができる。

自身の運動耐容能を知ることで、Apple watch などデバイスやカルポーネン法による目標心拍数との誤差をすることができる。

以下に本研究で実施した工程を改めて示す。

本研究では、山岳歩道を自然公園などの山岳・探勝歩道と定義し、研究場所を、熊野古道中辺路-熊野の郷古道ヶ丘とし、山岳歩道のモデルコースを設定した。

研究方法としては、まず、第2章では、山岳歩道歩行者の安心のために、縦断面情報を基に運動強度 (MET s) と心拍数 (bpm) を指標とし運動処方 (FITT) を活用し、「歩く」という日常的な行為を通して、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とモデルコースの運動マネジメントスケジュールを新たな知見として示した。自身で運動強度をコントロールする要となる心拍数の計測は、臨床研究で使用する Apple watch など一般でも入手しやすい様々なデバイスがある。

次に、第3章では、山岳歩道歩行者の安全のために、山岳歩道の路面テクスチャの把握と山岳歩行者の転倒リスクの低減を目的とし、山岳歩道を Iot デバイスを用いて、測定者が歩行によりモデルコースの路面テクスチャ (路面凸凹) を測定した。その値から路面凸凹パワースペクトル密度を算出し、路面凸凹情報を可視化し、特異値の出現頻度によって山岳歩道の歩きやすさについて検討をおこなった。ここでは、山岳歩道の管理手法と経年変化の把握について新しい知見を付与することができた。路面凸凹情報を数量化、可視化することで山岳歩道の路面管理を「歩きやすさ」の視点から普遍化することも可能となる。また、本研究では、iPad を利用したが最近では iPhone と小型軽量化しており、計測もより容易になっている。

第4章では、第2章および第3章から得た知見を踏まえて、運動指標のエビデンスを得るための臨床コースの設定と臨床コースの運動マネジメントスケジュールを策定し、臨床研究計画書および臨床研究を実施する体制を構築した。事前に CPX や問診を実施し、参加者の安全に留意した。多機関共同研究実施許可を得ているが、2019 年からはじまる新型コロナウイルス感染症禍中の人心の不安、それに基づく自治体の協力体制、実施主体である大学への非難・抗議を考慮し、新型コロナウイルス終息後に臨床研究を実施する。

1. 新たな知見と社会的意義および波及効果

森の健康・保養活用として、これまでに、「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、十分な知見が得られていない。

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。山岳歩道の傾斜に応じ、山岳歩行者自らが心拍数を指標に歩く速度を変えることで運動指標は、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につながる。

心臓リハビリテーション（二次予防）対象者（図 1-10）は、疾病管理と異なり比較的若年層で低リスクの人々である。再発のトリガーとなる生活習慣病の予防・改善のために適切な運動の習慣化・継続は不可欠である。日常空間での運動に加え、非日常空間での山岳歩行は、対象者の継続の動機付けとなる。なお、健康維持・増進、生活習慣病の改善などの効果については、今後もこの調査地での継続的な臨床研究が必要であるが、健康維持のひとつである筋力の保持には知見があり、フレイルを予防することができる。フレイル(Frailty：虚弱)とは、日本老年医学会が2014年に提唱した概念で、健康な状態と要介護状態の中間に位置し、身体的機能や認知機能の低下が見られる状態のことを指すが、適切な治療や予防を行うことで要介護状態に進まずにすむ可能性がある。

山岳歩道路面テクスチャ情報管理手法においては、歩行予定者が事前に山岳歩道の歩きやすさについて情報を得ることができ、自身の体力にあった安全な山岳歩行を促し、事故・遭難の軽減に寄与する。

また、車両が入ることができない歴史的環境保全地域の山岳歩道においては、山岳歩道を利用する「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。路面情報を定期的に取り集し蓄積しておくことで、通常管理だけでなく路面の経

年変化の記録や歩行者数から路面管理の方法を予測することが可能となり、従来個人の経験値に頼っていたことを数値・記録化することができる。

これらは、熊野古道の魅力を発信し、トレイルで誘客を図ることを目標としている田辺市にとっても有益である。また、本研究で得られた運動指標と臨床研究の実施は、市民の健康に係わる啓蒙、健康意識の向上をはかり、健康維持・増進、健康寿命の延伸が期待できる。

2. 今後の課題

最後に、本研究の残された課題と今後の発展について主に3点書く。

1) 臨床研究フィールドの確保

本研究では、第4章で臨床研究のプログラムを構築したが、短期間の臨床研究では「健康維持・増進」「心臓リハビリテーション（二次予防）」の効果は分からない。観察研究で認められた山岳歩行による健康維持・増進や心臓リハビリテーション（二次予防）に対する予防効果の可能性を介入研究によって確かめる際、死亡や罹患をアウトカムとした研究は、統計学的な有意差を検出するためにはサンプルサイズが大きくなること、時間・費用がかかること、倫理的問題があること、同じ内容の介入を継続することが困難であること、臨床参加者のドロップアウトが多くなる可能性が高いこと等により、実際に遂行することは極めて困難である。これらの点が先行研究において十分な知見が得られていない一因になっていると考えられる。

一方で、頸部エコー検査や脈波伝播速度等による動脈硬化性疾患の代替指標を利用した臨床研究がおこなわれており、臨床研究フィールド（コース）を確保した上で、継続的に臨床研究をおこなう事が有用である。

臨床研究フィールドを確保し、本研究の運動指標のエビデンスの獲得、臨床研究対象者を健康人からよりリスクの高い人へと臨床研究の積み重ね、エビデンスの拡大と疫学的深

化をおこなう。

2) 緊急時対応体制の構築

本研究では、歩行により山岳歩道の健康活用のための運動指標と山岳歩道の新たな管理手法を提案したが、全ての緊急事態を免れるわけではない。今後の課題である緊急時対応については、ドローン、小型林間移動車両、IoT デバイスなどの展開が期待できる。

臨床研究コースでの臨床研究の実施とともに、臨床研究フィールドでのこれらの緊急時対応の実証実験を行うことは、常時だけでなく、喫緊の事態とされている東南海地震や台風などの災害時の対応も含めた有事の際も、地域にとっても意義のあることである。



図 5 - 1 古道ヶ丘臨床研究フィールド

3) 山岳歩道管理手法の進化と山岳歩道情報の提供

本研究では、山岳歩道路面凸凹情報の取得にあたり、徒歩でタブレット型 LiDAR 機器 (mapry) を用い路面テクスチャのデータ (点群データ) を、スマートフォンで路面画像を取得した。前項の緊急時対応で林間走行小型車両の導入を上げたが、先行研究で車両のダッシュボードにスマートフォンを取り付け路面凸凹情報を取得しているように、山岳歩道を走行できる林間走行小型車両に本研究で使用した Iot デバイスを取り付けることで、情報取得作業や歩行による管理作業の軽減を図ることができる。また、これにより、臨床研究コースだけでなく、熊野古道中辺路 3.8 km の路面凸凹情報の取得も容易になる。

引用文献

- (1)愛甲哲也 (2017) 山のめぐみを楽しむ登山から, 恩返しの登山へ.森林環境 2017 : 68-77
- (2)青柳幸利 (2011) 中之条研究－高齢者の日常身体活動と健康に関する学際的研究－.医学のあゆみ Vol.253No.9.
- (3)American College of Sports Medicine (2017) ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (American College of Sports Medicine) (English Edition) 10th 版, Kindle 版
- (4)伊藤太一 (2005) 自然地域レクリエーションにおけるゾーニングの可能性.日林誌 87 (6) : 512-521
- (5)市川智英 (2021) 増加傾向にある「山の突然死」, 登山者の心臓突然死の予防法, ヤマケイオンライン://www.yamakei-online.com/yama-ya/detail.php?id (2021年7月30日)
- (6)井上真理子(1998)日本の社会における「森林一人間社会」関係モデルの構築, 森林計画誌 30, 51-61
- (7)江原義弘 (2012) 歩行分析の基礎-正常歩行と異常歩行-, 日本義肢装具学会誌, Vol28.No.1, 57-61
- (8)大森薫雄 (2015) 中高年のための登山医学.東京書籍,
- (9)Yuji Okura,Mahmoud M Ramadan,Yukiko Ohno, Wataru Mitsuma, Komei Tanaka, Masahiro Ito,Keisuke Suzuki,Naohito Tanabe,Makoto Kodama,Yoshifusa Aizawa (2008) Impending epidemic — future projection of heart failure in Japan to the year 2055 — . Circ J. 2008; 72: 489-91
- (10)小野測器, FFT アナライザについて.
https://www.onosokki.co.jp/HP-WK/c_support/newreport/analyzer/index.htm#menu
(2021年12月1日検索)
- (11)柏澄子 (2017) ドキュメント山の突然死.山と溪谷社
上小牧憲寛 (2009) 疾患既往者の登山をどのように指導するか?—循環器病診療の立場から-.登山医学 29 : 88-94
- (12)Kentarō Kamiya, Yukihito Sato, Tetsuya Takahashi, Miyuki Tsuchihashi-Makaya, Norihiko Kotooka, Toshimi Ikegame, Tomoyuki Takura, Takanobu Yamamoto, Masatoshi Nagayama, Yoichi Goto, Shigeru Makita, Mitsuaki Isobe (2020) Multidisciplinary Cardiac Rehabilitation and Long-Term Prognosis in Patients With Heart, Failure. Circ Heart Fail. 2020 Oct;13(10)
- (13)Kirk I Erickson, Michelle W Voss, Ruchika Shaurya Prakash, Chandramallika Basak, Amanda Szabo, Laura Chaddock, Jennifer S Kim, Susie Heo, Heloisa Alves, Siobhan M White, Thomas R Wojcicki, Emily Mailey, Victoria J Vieira, Stephen A

- Martin, Brandt D Pence, Jeffrey A Woods, Edward McAuley, Arthur F Kramer(2011)Exercise training increases size of hippocampus and improves memory, Feb 15;108(7)
- (14)鬼頭秀一 (1996) 自然保護を問いなおすー環境倫理とネットワークー.ちくま新書
- (15)絹川真太郎 (2017) 心不全の病態と運動療法, 循環制御 第 38 卷 第 2 号 (2017), 113-118
- (16)警察庁 (2009, 2018, 2020) 山岳遭難の概況,
- (17)栗山浩一・北畠佳房・大島康行・永田信・柴崎茂光・枚田邦宏著 (2000) 世界遺産の経済学-屋久島の環境価値とその評価.勁草書房:17
- (18)国立健康栄養研究所 (2012) 改訂版・身体運動のメッツ (MET s) 表.
- (19)児島弘幸 (2018) 和歌山県の山.山と溪谷社:30
- (20)後藤 玲子 (2014) ディスアドバンテージを受けた人たちが, ただそこに存在するだけで生み出す価値に経済学は気づき始めている.HQ 2014 年春号 vol.42
http://www.hit-u.ac.jp/hq-mag/chat_in_the_den/207_20180402/
(2021 年 11 月 1 日検索)
- (21)合同研究班報告 (2008) 心疾患患者の学校, 職場, スポーツにおける運動許容条件に関するガイドライン 2008 年改訂版
- (22)坂田泰彦, 後岡広太郎下川宏明 (2020) 心不全の疫学:心不全パンデミック:日内会誌 109:186-189
- (23)佐倉 統 (2020) 「新しい知見」が意味するところは専門家と社会とで異なる, 学術の動向 2020.12:22-25
- (24)佐藤弘和 (2017) 知っていて損のない「林内路網の基礎知識」, 光珠内季報 No.184, 9-14
- (25)Suzuki T, Shimada H, Makizako H, et al. A Randomized Controlled Trial of Multicomponent Exercise in Older Adults with Mild Cognitive Impairment. PLoS ONE. 8(4), e61483 (2013).
- (26)相馬 正之(2016) 歩行時の Toe clearance と足趾把持力についてー転倒予防の観点から.ヘルスプロモーション理学療法研究/6 卷 (2016) 1 号:1-7
- (27)Delgado-Rodriguez M, Llorca J. Bias. J Epidemiol Community Health 2004; 58:635-641
- (28) M. F. Drummond, Mark J. Sculpher, George W. Torrance, Bernie J. O'brien, Greg L. Stoddart(2015)Methods for the Economic Evaluation of Health Care Programmes.4th ed. Oxford Medical Publication
- (29)高山範理 (2015) ストレスと森林浴, バイオフィードバック研究・2015 年・42 巻・第①号:3-10
- (30)瀧靖之 (2021) 登山は脳を活性する, 岳人・登山の効用, 2021 年 9 月号.株式会社ネ

イチャアエンタープライズ: 60-61

- (31)田辺市 (2015) 田辺市価値創造戦略ビジョン・戦略プラン (平成 27 年度)
- (32)田辺市, 当該予算の概要.オンライン
<http://www.city.tanabe.lg.jp/zaisei/toushoyosangaiyo.html>(2021 年 5 月 1 日検索)
- (33)津川友介 (2020) 世界一わかりやすい「医療政策」の教科書. 医学書院
- (34)辻内琢也 (2005) スピリチュアリティへの医師の関わり－医療化を超えてナラティブ・ベイスト・メディスンへ.病院 64 巻 7 号 2005 年 7 月: 544-548
- (35)柘植隆宏・三谷羊平・栗山浩一 (2011) 環境評価の最新テクニック.勁草書房:83-85
- (36)Tomoyuki Takura, Nozomi Ebata-Kogure, Yoichi Goto, Masahiro Kohzuki, Masatoshi Nagayama, Keiko Oikawa, Teruyuki Koyama, and Haruki Itoh(2019), Cost-Effectiveness of Cardiac Rehabilitation in Patients with Coronary Artery Disease:A Meta-Analysis, Hindaw
- (37)(一財)道路新産業開発機構 (1995) 道路行政セミナー1995 年 9 月号.15-18
- (38) 前田真治 (2007) リハビリテーション医療における安全管理・推進のためのガイドライン.日本リハビリテーション医学会; 44: 384-390.
- (39)増山茂 (2006) 登山医学入門.:山と溪谷社
- (40)長野県地方税制研究会 (2014) 山岳及び高原に係る費用の利用者負担のあり方についての検討結果平成 26 年 6 月
- (41)長野県山岳総合センター (2016) 信州 山のグレーディング“の説明 (Rev.2), 2014, Rev.2 改訂
- (42)長野県山岳総合センター・長野県山岳遭難防止対策協会(2015)登山関係事業者・登山関係団体のための高齢登山者の傾向と対策ー過去の体力過去のものー.
- (43)公益財団法人日本交通公社 (2018) ー育て、磨き、輝かせるー インバウンドの消費促進と地域経済活性化, ぎょうせい
- (44)公益財団法人日本生産性本部 (2009) レジャー白書
- (45)公益財団法人日本生産性本部 (2018) レジャー白書
- (46)日本循環器学会 / 日本心臓リハビリテーション学会合同ガイドライン(2017)急性・慢性
- (47)心不全診療ガイドライン (2017 年改訂版)
- (48)日本循環器学会 / 日本心臓リハビリテーション学会合同ガイドライン(2021) 心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン (2021 年改訂版)
- (49)日本登山医学会編集 (2009) 登山の医学ハンドブック改訂第 2 版: 杏林書院.159-174, 234-236.
- (50)一般社団法人日本循環器学会 (2011) 循環器病の診断と治療に関するガイドライン, 50.
- (51)和歌山県, 和歌山県森林作業道作設指針, 平成 23 年 3 月 31 日 2 森第 928 号
- (52)福井次夫・他 (編) (2007)Minds 診療ガイドライン作成の手引き 2007.医学書院: 18,

50.

- (53) 福田敬 (2015) 医療経済評価手法の概要. 保健医療科学 2013 Vol.62 No.6 :584-589
- (54) 福原俊一 (2017) 臨床研究の道標 第 2 版 (下巻). 特定非営利活動法人健康医療評価研究機構 : 8.50
- (55) 本田秀行・木戸隆良・梶川康男・小堀為雄 (1981) 道路橋の路面凸凹パワースペクトル密度に関する調査. 土木学会論文報告集 No.315:pp.149-155
- (56) Math Works, FFT を使用したパワー スペクトル密度推定.
<https://jp.mathworks.com/help/signal/ug/power-spectral-density-estimates-using-fft.html> (2021 年 12 月 1 日検索)
- (57) 水本篤・竹内理 (2008) 研究論文における効果量の報告のために-基礎概念と注意点-. 英語教育研究 31 : 57-66 .
- (58) 宮下充正監修・矢野英雄・渡會公治・川内基裕 (2013) ウォーキング指導者必携 Medical Walking. 南江堂
- (59) 康永秀生 (2021) そろそろ医療の費用対効果を考えてみませんか?. 中外医学社
- (60) 山崎昌廣・佐藤陽彦 (1990) ヒトの歩行-歩幅, 歩調, 速度およびエネルギー代謝の観点から-. 人類誌 98 (4) : 385-401
- (61) 山本正嘉・中原玲緒奈・萩原正大著 (2006) 登山のエネルギー消費量推定式の作成-歩行時間, 歩行距離, 体重, ザック重量との関係から. 登山医学 26 (1) : 115-121.
- (62) 山本正嘉 (2012) 登山時のエネルギー・水分補給に関する「現実的」な指針の作成. 登山医学 32 : 36-44.
- (63) 山本正嘉 (2016) 登山の運動生理学とトレーニング学. 東京新聞出版局:41,57,74,83
- (64) 渡部大輔・八木浩一・牧野浩志 (2015) スマートフォンのセンサーデータに基づく路面性状簡易診断サービスの有用性に関する検討. 路面特性の有用性に関する考察:1-11
- (65) Rovio S., Kareholt, L, Helkara, E. V., et al. (2005) Leisure-time physical activity at midlife and the risk of dementia and Alzheimer's disease. Lancet Neurology. 4(11):705-711

① 田辺市より聞き取り及び提供資料

② 山梨県, オンライン富士山登山鉄道構想の策定 2021 年 2 月 24 日更新

https://www.pref.yamanashi.jp/chosa/fujisan_railway/fujisann_railway_kousou.html
(2021 年 10 月 20 日検索)

【資料】研究説明書

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の検討

はじめに

「臨床研究」とは、患者さんや健康な方を対象として、薬や機能性食品、医療用具などの有効性や安全性などを検討するために行われる研究のことです。新しい効果を確認するために、臨床研究が行われます。

医学はここ 100 年の間に急速に進歩して、人類の受ける恩恵は計り知れないものがあります。そうした恩恵はこれまで臨床研究に参加していただいた多くの方々のご協力によるものです。

1. 研究の目的

COVID-19 パンデミックにより、社会的距離が確保できる自然環境での運動が見直されています。しかし、近年の中高年を中心とした登山散策ブームにより遭難者が増加しており、令和 2 年度における 40 歳以上の山岳遭難者は 78.4%、死者・行方不明者は 91.4%を占めています。その原因を見ると、道迷い 44.0%、転倒 13.8%、病気 7.0%、疲労 6.3%と体力の低下を意識していない初心者が多くを占めています。

一方で、登山は、平地のウォーキングに比べ運動強度が高く、適切に行えば、短時間の運動でも筋トレに加え、有酸素運動の効果を得ることができます。また、筋肉量が増えることで、安静時の基礎代謝が増加し、長期的に見ると生活習慣病改善や肥満予防効果が期待でき、さらに、舗装されていない道での歩行は転倒の予防になります。

これらのことから、本研究では、安心なトレッキングのために、また、生活習慣病予防改善のために、歩行者が自ら実施できる山林歩道における運動管理指標を明らかにすることを目的としています。これにより、歩行者が自身をコントロールし、安心して登山散策を楽しむだけ

でなく、運動を習慣化することで生活習慣病の予防改善を図り、体力・筋力向上によりさらに上級のコースに挑戦する意欲を喚起することが期待されます。

2. 研究対象者となる方

以下のすべてに該当する方が対象となります。

- ① この臨床研究参加にあたり十分な説明を受けた後、十分な理解の上、参加者本人の自由意志による文書同意が得られた者

ただし、以下のいずれかに当てはまる方は対象となりません。

- ① 妊娠中の方
- ② 心臓病，高血圧，糖尿病の者で医師から運動を禁止されている方
- ③ 整形外科的疾患等で医師から運動を禁止されている方
- ④ 精神科通院中の方
- ⑤ 統合失調症やてんかん，重度のうつの方
- ⑥ その他，研究責任者が不適格と判断した方

3. 測定の内容および方法について

- (1) 基本情報の聞き取り：年齢，性別，既往疾患（高血圧，脂質異常症，糖尿病など）・家族歴，常服薬，喫煙歴，運動習慣の有無，睡眠状況を聴取いたします。

(2) 身体機能に関する測定

- ① 体重，身長：BMI（ボディマス指数）＝体重（kg）÷（身長（m）×身長（m））を算出します。
- ② 血 圧：180/110mmHg 以上，100bpm 以上は本研究に参加できません。
- ③ 心拍数：a. 安静時心拍数を測定し目標心拍数を算出します。

本研究では
目標心拍数 = 最大心拍数 (220 - 年齢) - 安静時心拍数 × 運動強度 (60%) + 安静時心拍数

- b. 目標心拍数を基にし、運動時の心拍数で運動強度をコントロールします。
- c. 心拍数回復過程として、休憩時および運動後の 1・2・3・4・5 分後心拍数を計測します。
- ④ 心電図：Apple Watch Series 6 で心電図 App を使って心電図を測定し、心肺機能スクリーニングを行います。
- ⑤ 血中酸素飽和度：Apple Watch Series 6 の血中酸素ウェルネス App で、血中に取り込まれた酸素のレベルを歩行の前後で測定します。(パルスオキシメーター) SpO2 低値は、登山中の疾病事故発生に関与する可能性が推測されます。
- ⑥ 歩行時間・歩数：身体活動指標としてコース歩行歩数 (休憩前：登り/休憩後：下り) の歩数を測定します。
- ⑦ 自律神経バランス：加速度脈波測定器 Tas9 (下図左) で自律神経バランス分析をおこないます。



Tas9



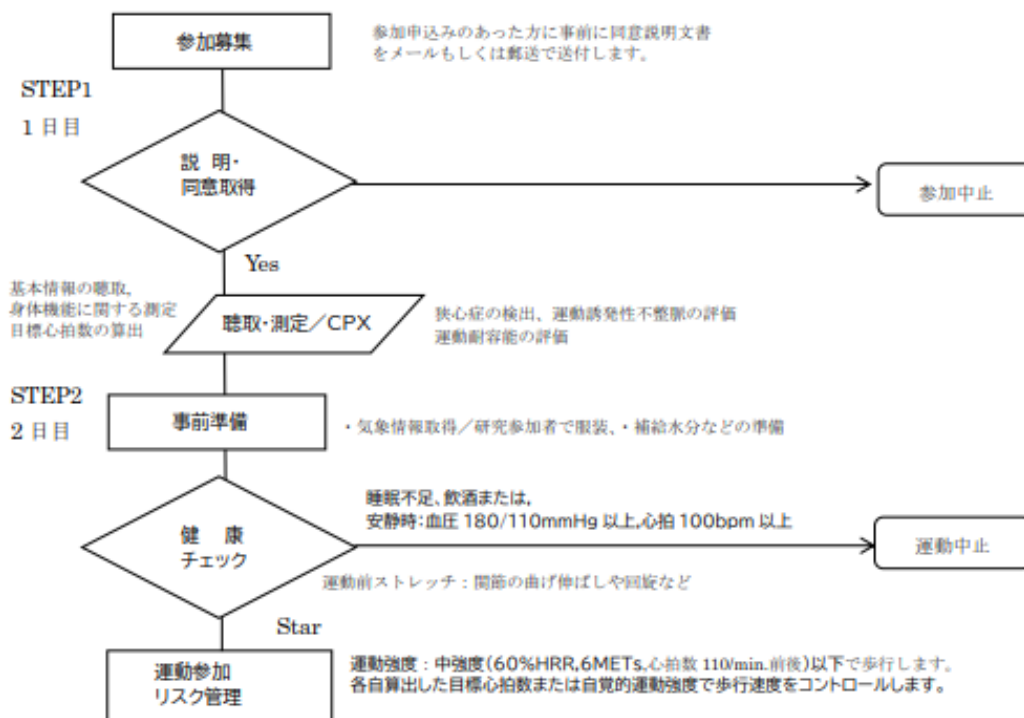
CPX

- ⑧心肺運動負荷試験 (CPX：上図右) を実施します。CPX では、心拍数、安静時と運動負荷中の心電図、酸素摂取量などより(a)狭心症の検出、運動誘発性不整脈の評価および

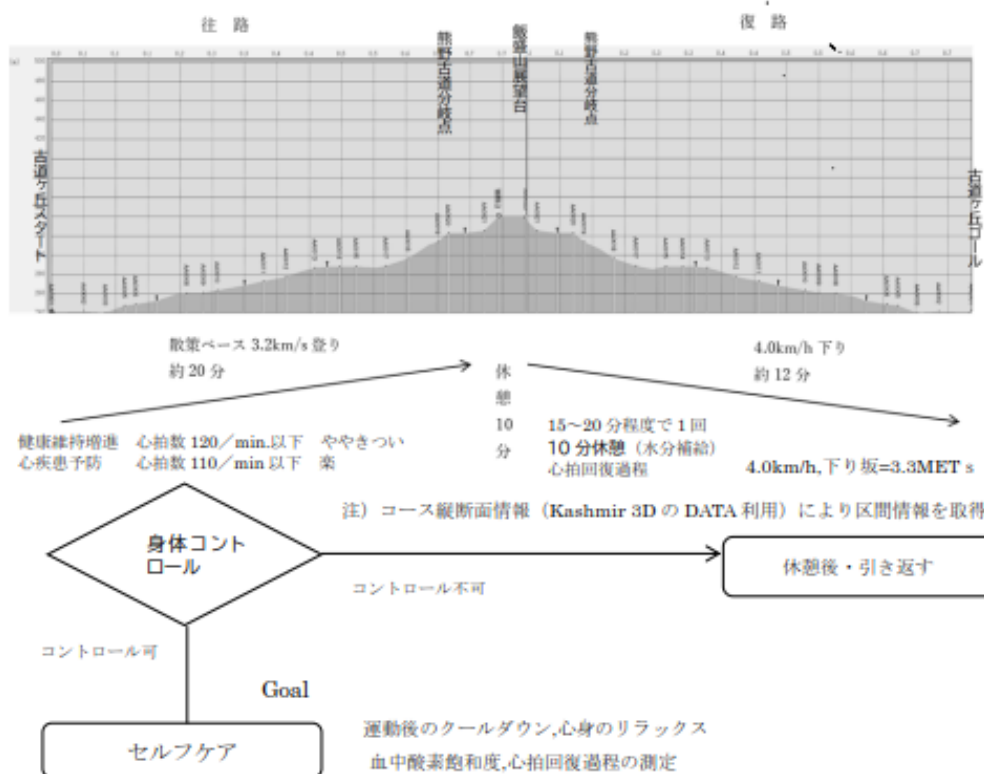
(b) 運動耐容能の評価をおこないます。

本研究では、次ページ、研究スケジュール（表－１）の STEP1=120 分、STEP 2 =90 分を予定しております。なお、STEP1 と STEP 2 は別日に行います。STEP 1 の測定は、田辺市内の公共施設等にて実施する予定です。STEP2 の参加時に、STEP1 の結果を個別にお知らせいたします。

表一 1 研究スケジュール



モデルコース運動マネージメント表





図一 1 臨床モデルコース俯瞰図

4. 安全管理について

今回検討する測定・運動試技は広く一般的に用いられているものであり、リハビリテーションの分野だけではなくスポーツや日常生活でも行われており、人体の侵襲性は少なく、安全かつ簡便に測定することができます。歩行時には十分な休憩をはさみながら行うため、対象者の身体的負担はほとんどないと考えられます。万が一、測定中に痛みや違和感を訴えるようなことがあれば直ちに測定を中止いたします。本研究の計測・モデルコース歩行は研究対象者の意思により終了いたします。また今回の測定を担当するスタッフは理学療法士・作業療法士の国家資格を有し、医師のアドバイスを受けております。また測定担当者は各測定方法を熟知しており、測定の安全性には十分配慮します。

本研究中の安全のため、また正確な臨床研究データを集めるために、研究に参加された

場合、下記の事項をお守りくださいますようお願いいたします。

- ① 予定されているスケジュールを守ってご来場ください。来場できない場合には、速やかに担当者にご連絡ください。(後述の連絡先)
- ② 本研究を開始した後、お身体に何かおかしいと感じることがありましたらすぐに担当者にお伝えください。
- ③ 本研究参加当日の飲酒はお控えください。
- ④ 本研究参加中に知りえた、他の参加者に関する秘密を他の人に漏えいしないでください。

なお、上記の内容を守っていただけない場合は、担当者から研究の中止をお願いする場合があります。

5. 個人情報の保護（プライバシーの保護）について

個人に関する情報（氏名など）は、ID 番号に変換して管理します。解析は、氏名ではなく ID 番号を用いますので、個人情報が漏洩することはありません。研究で得られたデータは、パスワードをかけ、他の研究対象者等の個人情報の保護を行います。さらに外部に漏出することがないように、京都大学構内の鍵のかかる保管庫で厳重に管理し、当該論文発表後少なくとも 10 年間は保管したあと修復不可能な形で廃棄します。この研究で得られた結果は、専門の学会や学術雑誌に発表することもあります。個人のプライバシーは十分に尊重されます。結果発表の際には慎重に配慮し、個人に関する情報（氏名など）が外部に公表されることは一切ありません。これらの個人情報の取り扱いに関しては下記の連絡先に記載されている研究責任者が責任を有します。

6. 研究への参加について

担当者からこの臨床研究についてお聞きになり、研究内容を十分理解していただいた上

で、この研究に参加されるかどうかを決めてください。この研究に参加いただける場合には、「同意書」にご署名いただきますようお願いいたします。たとえ参加されなくても、あなたが不利益を被ることは一切ありません。さらに、この研究に参加する同意を表明した後も、随時撤回する権利を持ちます。本研究の開始前・開始後に関わらず、本研究参加の同意をいつでも撤回でき、また撤回しても何ら不利益を受けません。同意撤回後のデータは破棄し解析対象から外します。

7. 倫理審査について

また、本研究は京都大学大学院医学研究科・医学部及び医学部附属病院医の倫理審査委員会の審査を受け、研究機関長の許可を得ています。

8. 研究に関する資料の入手・閲覧の方法

他の研究対象者等の個人情報等の保護、研究に支障がない範囲での研究計画書および研究の方法に関する資料の入手・閲覧は可能です。ご要望に応じて対応させていただきますので、研究責任者（青山朋樹）までお問い合わせください。

9. 研究対象者への経済的負担・謝礼について

本研究の参加による経済的負担はございません。また、謝礼は発生しませんので、ご了承ください。

10. 本研究の利益相反について

この臨床研究は、運営費交付金により実施します。また、本研究は、特定の企業からの資金提供を受けておりません。利益相反については、「京都大学利益相反ポリシー」「京都大学利益相反マネジメント規程」に従い、「京都大学臨床研究利益相反審査委員会」にお

いて適切に審査されています。

11. 有害事象が発生した場合について

本研究で測定を行っている測定は広く一般的に行われているため、肉離れなどの損傷が生じる可能性は低いと考えられます。これまでの報告に基づいて科学的に計画され慎重に行われますが、もし、本研究に参加している間に事故が発生した場合には、速やかに担当者にご連絡ください。通常の生活中に発生した外傷と同様に保険診療による対応となります。もし費用が発生した場合は、当研究責任者の加入している保険にて、研究対象者の健康被害への措置を行います。なお、有害事象が生じた場合には、医の倫理委員会の定める手順書に基づいて対応します。

12. 研究期間

研究実施機関の長の許可日から 2024 年 3 月 31 日までを研究対象者登録期間とします。研究実施期は、研究実施機関の長の許可日から 2026 年 3 月 31 日までとします。

13. 測定結果もしくは研究成果の通知

測定結果や本研究の研究成果について、参加者本人が公開してほしいとの希望がございましたら、本研究の担当者に連絡していただければ通知させていただきます。

14. 本研究で得た試料・情報の他研究への二次利用について

本研究で収集した情報は、同意を受ける時点では特定されない将来の研究のために用いる可能性があります。二次利用する際は、新たな研究計画について倫理審査委員会で承認された後に行います。また、ホームページ上でオプトアウトを行い、研究対象者が拒否できる機会を保障いたします。

15. 研究成果の帰属

研究成果は京都大学に帰属します。

16. 連絡先

研究責任者兼情報管理責任者 青山朋樹

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

先端リハビリテーション科学コース理学療法学講座運動機能解析学分野 教授 医師

連絡先電話：075-751-3952

研究実施者 藤井美由紀

藤井 美由紀：測定，統計解析

東京大学大学院農学生命科学研究科森林科学専攻森林利用学研究室 博士課程後期

Mail：clinicalstudy.fujii@gmail.com および cs.kumanokodo@gmail.com

Tel：075-751-3952

京都大学大学院 医学研究科 総務企画課 研究推進掛

Tel：075-753-9301

E-mail：060kensui@mail2.adm.kyoto-u.ac.jp

謝 辞

本研究の遂行にあたり、指導教官として終始暖かい激励とご指導、ご鞭撻を賜り、かつ、本研究の知見と技術的研鑽のために2年間大阪大学医学研究科 心臓血管外科 統合医療講座に送り出してくださった東京大学大学院 農学生命科学研究科 森林科学専攻 森林利用学研究室 仁多見俊夫准教授に深謝致します。

学位論文審査において、貴重なご指導とご助言を頂いた東京大学大学院 農学生命科学研究科 森林科学専攻 古井戸宏通教授，同 山本清龍准教授，同 吉岡拓如准教授，そして、東京農業大学 今富裕樹教授，ここに心より深謝の意を表します。

多忙の中、ヒアリングの時間を賜った各地の林業従業者の方々，多数の資料を提供頂いた和歌山県，田辺市に感謝いたします。歴代の森林利用学研究室の皆様には，本研究の遂行にあたり多大なご助言，ご協力頂きました。ここに感謝の意を表します。

都市計画の一環として地方の地域再生を手掛け，社会の変化と共に，従来の手法に行き詰まりを感じていた2012年に，東京大学大学院 新領域創成科学研究科 社会文化環境学専攻 環境倫理学研究室 鬼頭秀一教授（当時）にお声がけ頂き，二足の草鞋の生活が始まりました。この間に本学での大学生活を通して学び・体験し，その中で示唆に富んだ話を頂き，時に鋭い批判と貴重なアドバイスを頂いたことは，全てが他では得られることのない財産です。今後，目に見えるカタチとして，この新型コロナ禍からの地域のレジリエンスに貢献することで，少しでも恩返しとさせて頂ければ幸甚です。

2022年3月

藤井 美由紀