

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

藤井美由紀*・仁多見俊夫*

Trail for Trekking Considering Exercise Load (METs) in Historic Nature Conservation Area

Miyuki FUJII*, Toshio NITAMI*

要旨

COVID-19 と心不全の2つのパンデミックにより森林環境での運動が見直されている。一方で、登山散策ブームにより中高年の遭難者が増加しており、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。現状改変の難しい歴史文化的背景に基づく熊野古道中辺路の縦断面情報と運動療法による管理手法をもとに、心臓リハビリ対象者が歩くことができるモデルコースを設定した。現実的には不可能な路線変更コストを算出し、当該管理手法のメリットを数値化した。

キーワード：トレイル, 世界遺産, 縦断面情報, 運動処方, 運動強度

Abstract

With two pandemics, COVID-19 and heart failure, we are reassessing the significance of exercise in a forest environment. The increase in the number of elderly victims of heart failure is reflected in the recent mountain-climbing boom. As a result, the promotion of trekking trails has become a financial problem for local governments. In the Historic Nature Conservation Area "Kumano Kodo Nakahechi", where routes are difficult to repair, we set up a model course where cardiac rehabilitation subjects could walk, based on longitudinal section information and management methods using exercise testing and prescription. Although route changes may be impossible in reality, we calculated the cost of such a change, and quantified the merits of the management method.

Keywords: Trail, World Heritage Site, Longitudinal Section Information, Exercise prescription, METs

1. はじめに

近年の中高年を中心とした登山散策ブームで登山の目的がレクリエーション化し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

* 東京大学大学院農学生命科学研究科
Grad. Sch. of Agric. and Life Sci., Univ. of Tokyo

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）。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）。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-2）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）。

この状況から、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、全国の山岳県でグレーディング表が作成された。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いない。

一方で、森林環境は今日的な 2 つのパンデミックへのサービスの提供が期待されている。COVID-19 パンデミックと心不全パンデミックである。前者は、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。後者は、超高齢社会（高齢化率 21%以上）の到来とともに心

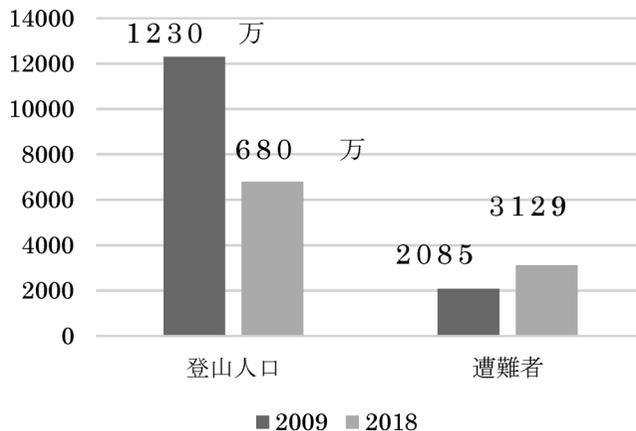


図-1 日本の登山人口と遭難者

Fig. 1 Japan's climbing population and heart failure victims

表-1 夏季登山遭難者数

Table 1 Number of summer climbing heart failure victims

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』

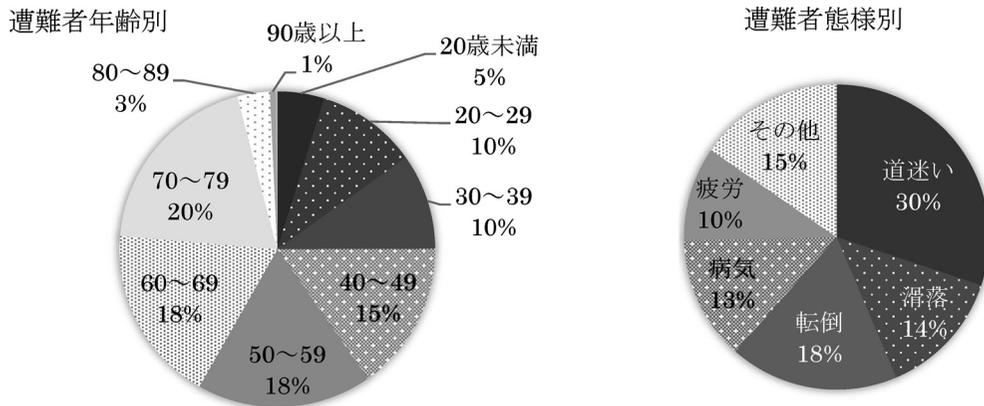


図-2 2020年夏季登山遭難者の年齢と態様

Fig. 2 Age and details of mountaineering heart failure victims in 2020

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、身体のむくみが起こり、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）で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。2020年の日本の心不全患者数は120万人、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-3）。

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。

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。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が、そのリスク管理についてはなされていない。

また、国内では歴史文化的背景に基づく人気のトレッキングコースがある。それらは、国土交通省が進めてきたウォーキング・トレイル事業と異なり歴史的環境保全の観点から現状の改変が困難なところがほとんどである。

そこで本研究では、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林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。

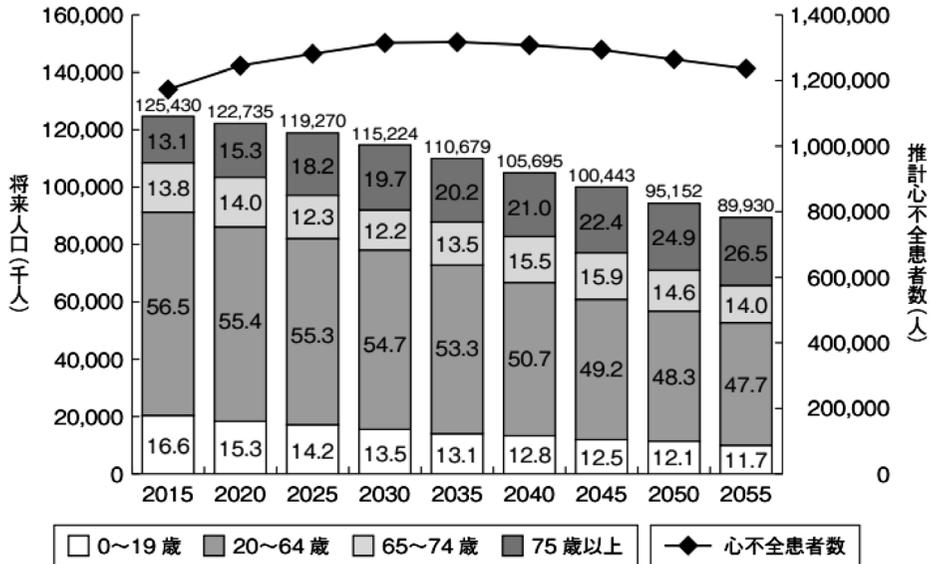


図-3 人口および年齢構造と心不全患者数の将来推計（2015～2055年）

Fig. 3 Future estimates of population, age structure and the number of patients with heart failure

2. 研究方法

2.1 調査地

調査地、熊野古道は、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。

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（+）2,574m、累積標高差（-）2,601m、歩行距離35.5km、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。

一方で、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）において目標として「交流人口の増大」「地域経済の活性化」を掲げている。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んでいる。熊野古道に隣接する熊野の郷古道ヶ丘（図-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およ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、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⁾。

2.2 調査項目および条件設定

2.2.1 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、スマートホンその他、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

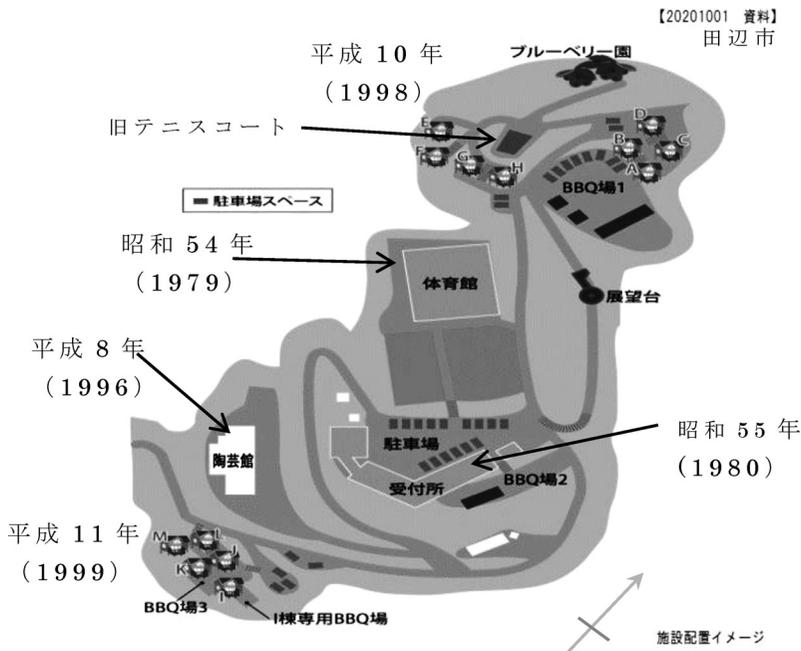


図-4 熊野の郷古道ヶ丘概要
Fig. 4 Overview: Kumano no Sato

ている。

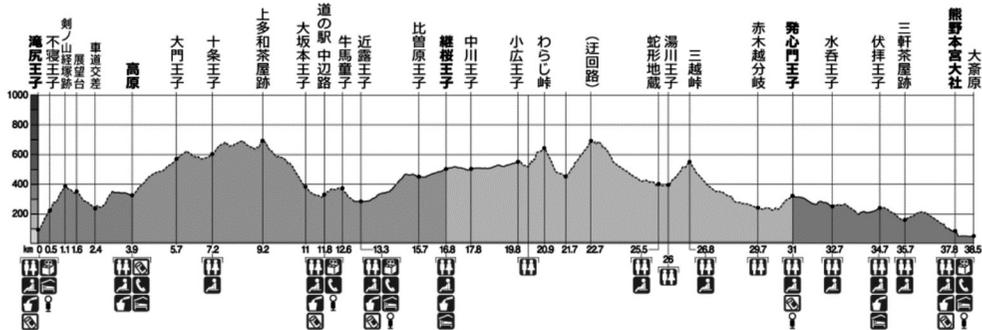
2.2.2 気候条件と補給水分量の算出 コース定数に「利用者の体重+荷重」をかけ、そのコースを歩いた時に消費するエネルギーを kcal の単位で推定することができる。

消費熱量 (kcal) = コース定数 × (体重 + 荷物荷重) 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。

2.2.3 モデルコースの設定 熊野古道を經由する徒歩 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-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-6) とし、KASHMIR3D- 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を取得した。

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) を得た。なお、ルート A および B は熊野参詣道 (中辺路) 特定景観形成地域および地盤・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° の急こう配が続く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



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

凡例



図-5 熊野古道中辺路 (滝尻王子から熊野本宮・大斎原)

Fig. 5 Kumanokodo Nakahechi (Takijiri-ohji to Kumano Hongu/Ohoyunohara)

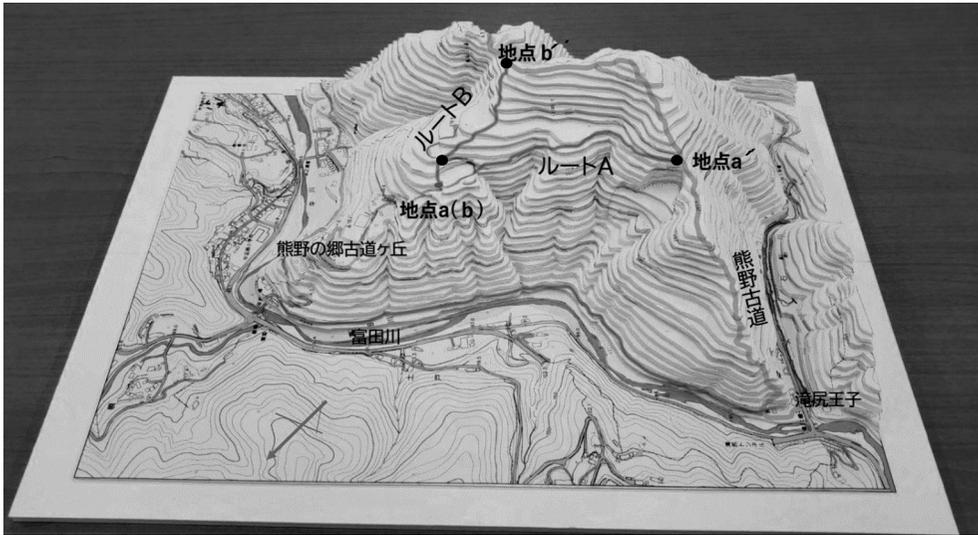


図-6 モデルコース

Fig. 6 Model course

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-7)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-3)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 $I_{R,x}$ では小数点2位までとする。

2.2.4 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-4)に準じる。運動強度は、運動時の負荷やきつき、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。

表-2 区間情報

Table 2 Sectional information

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	%

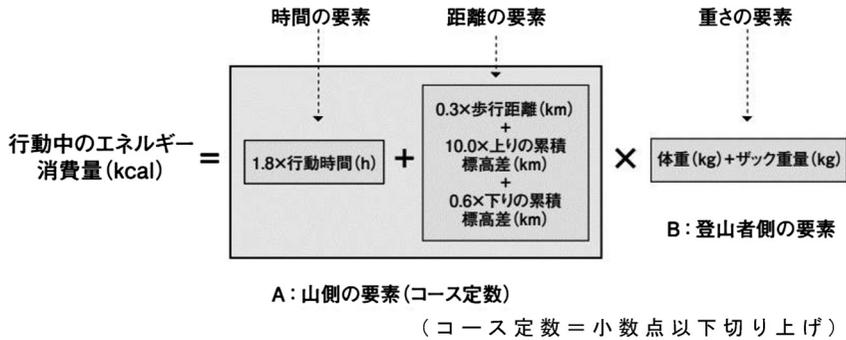


図-7 行動中のエネルギー消費量を求める汎用式

Fig. 7 General formula for calculating energy consumption during activity

表-3 モデルコースのコース定数

Table 3 Course constants for model courses

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	IrX	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 = 小数点以下切り上げ)

表-4 心不全に対する運動処方

Table 4 Exercise testing and prescription for heart failure

- 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
 - 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)
- 運動強度
 - 「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)

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-5。)) 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-6)

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 1 時間程度の山岳歩道コースということから, ①③は特定され, ④は好天に限られることから, 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-7) 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-8) に基づき運動強度を 6METs 以下にコントロールする。

METs 表 (表-5) に基づき, 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 に下げるため心拍数, RPE を用い運動強度をコントロールする。

なお, 心拍数を用いる場合は, 以下①から⑥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 - 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。
- ④病気の影響で心拍数は増えにくい人がいる。
- ⑤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。
- ⑥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。

上記①から⑥に該当する参加者は自覚的運動強度を用いる。RPE の Borg scale は, ポイントに

表-5 METs 表 (歩行)
Table 5 METs table (walking)

身体活動 (歩行)		METs
バードウォッチング		2.5
野原や岡野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 ~ 5.6 km/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 ~ 4.1 kg 以上の荷物を持って	6.5
	4.5 ~ 9.1 kg 以上の荷物を持って	7.3
	9.5 ~ 19.1 kg 以上の荷物を持って	8.3
19.1 kg 以上の荷物を持って	9.0	
4.0 km/h, 下り坂		3.3

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

表-6 RPE と心拍数の相対関係

Table 6 Relationship between RPE and heart rate

自覚的運動強度 (RPE)		運動強度 (HRR)	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-7 心血管疾患の危険因子

Table 7 Risk Factors for cardiovascular disease (CVD)

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 m）²）25 以上（肥満症診断基準 2011）

7. 日常運動習慣がない

表-8 運動参加のリスク判定条件
Table 8 Exercise participation risk

	V	Λ	Λ	
	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) 中等度およ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。

表の読み方: 運動参加・低リスクとは, 男性 45 歳未満または女性 55 歳未満で, 心疾患症状がなく, かつ主要な心血管危険因子がない。

なお, 男性 45 歳以上または女性 55 歳以上は, 動脈硬化年齢。

表-9 心不全に対する運動処方
Table 9 Exercise prescription for heart failure

運動頻度	●周 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 ●軽い筋肉とトレーニング (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

10 をかけると, その時の心拍数に相当する。RPE と心拍数の相関は認められており, 計算が難しい場合は RPE を用いる。

次に, 運動時間 (表-9) 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。

2.2.5 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, 歩行速度をととてもゆっくり (3.2km/

h 未満=2.0METs)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行う。モデルコースでは運動15分程度で休憩とする。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。

2.2.6 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ためから $I_R(aa'b'b) < I_R(bb'a'a)$ となる。従ってルートBは下りルートとし4.0km/h(3.3METs)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。

2.3 その他の留意点

2.3.1 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(180/10mmHg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。

2.3.2 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。

2.3.3 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

3.1 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-8のフローチャートで示す。

3.2 モデルコースの状況

ルートごとに現状を測定した。

3.2.1 ルートA ルートA(地点aから地点a')(図-9)は、 $I_R(aa')=1.15$ 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。

3.2.2 ルート熊野古道中辺路 次ルート地点a'から地点b'(図-10)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、

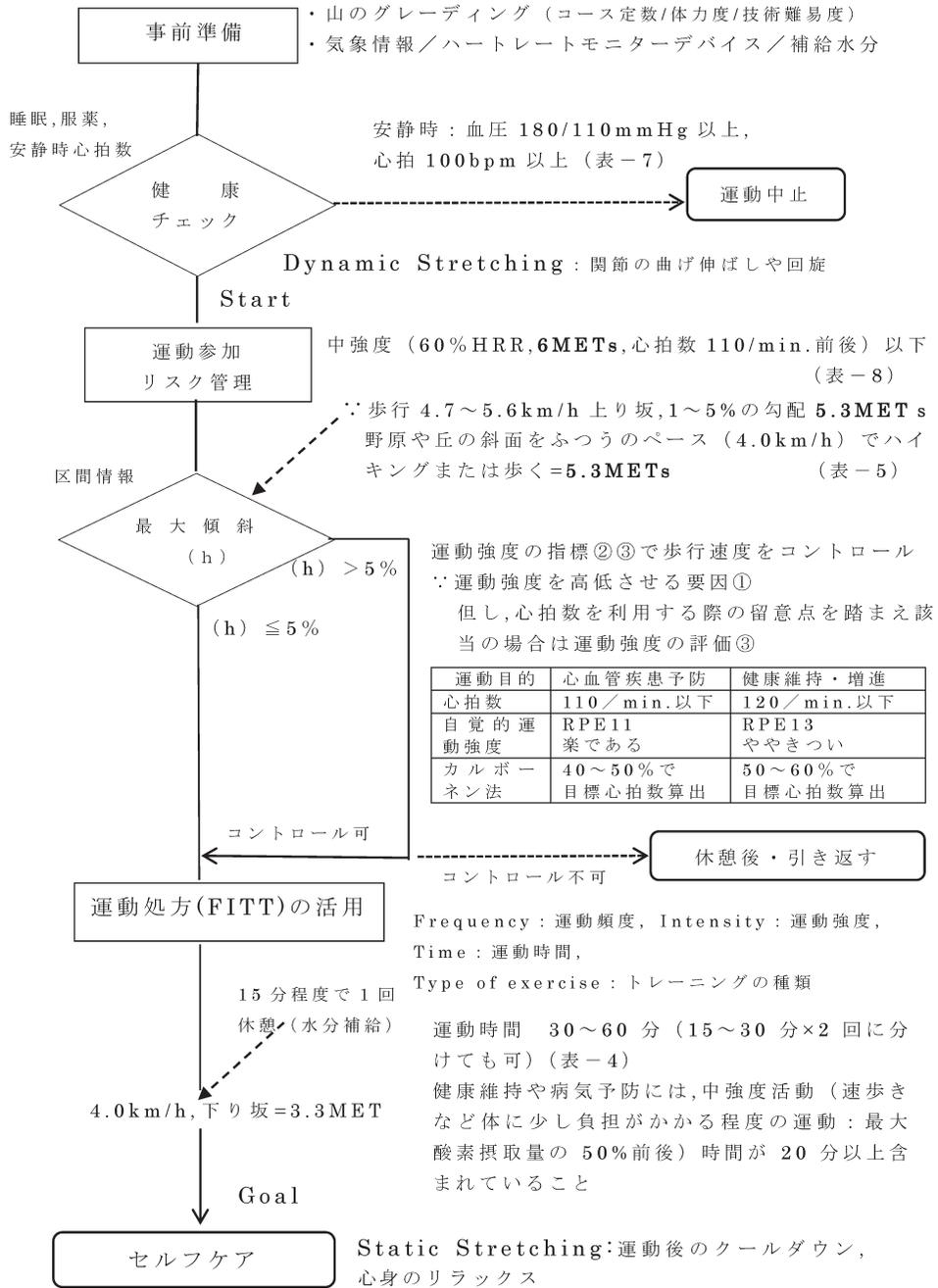
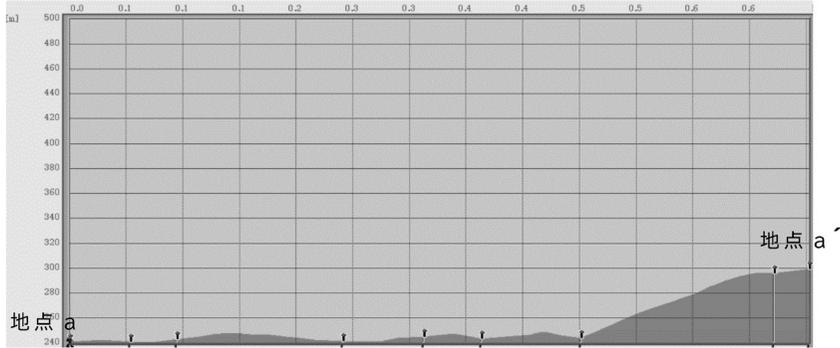


図-8 安心トレッキングのコース利用指針

Fig. 8 Trekking course use guidelines

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-9 ルート A

Fig. 9 Route A

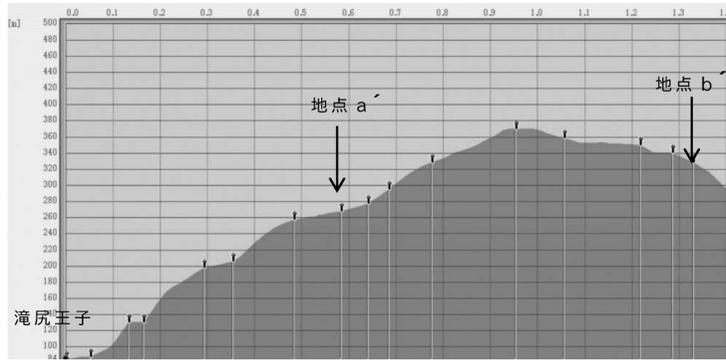
利用者が期待する熊野古道中辺路のうち地点 a' から b' までの区間 10 から 15 を利用する。区間 10 から 11 は登り区間であり最大傾斜 5% を超える。区間 12 から 15 ではアップダウンが続くが最大傾斜 5% を超える区間は無い。区間 10 から 11 は、ルート A 区間 2 から 8 より最大傾斜度が大きいので、歩行速度をとてゆっくり (3.2km/h 未満) を目標に、ハートレートデバイスで心拍数や PRF で歩行速度をコントロールし運動リスクの管理を行う。この場合の区間 10 から 12 の所要時間は 5.3 分となり区間 12 で休憩をとる。休憩の際は、熊野古道の特質を生かし、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。

3.2.3 ルート B ルート B (地点 b から地点 b') (図-11) 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 (3.3METs) で下り歩行をおこないスタート点のゴールに至る。

3.3 運動マネジメント表

3.1 で示した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

横罫線：標高 20 m 毎
縦罫線：距離 100 m 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	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	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	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	56	598	28	789	83	445	123	90	132	277	342	85	141	58	34	118	3407
累積標高 (+)	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 (-)	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	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-10 熊野古道中辺路
Fig. 10 Kumanokodo Nakahechi

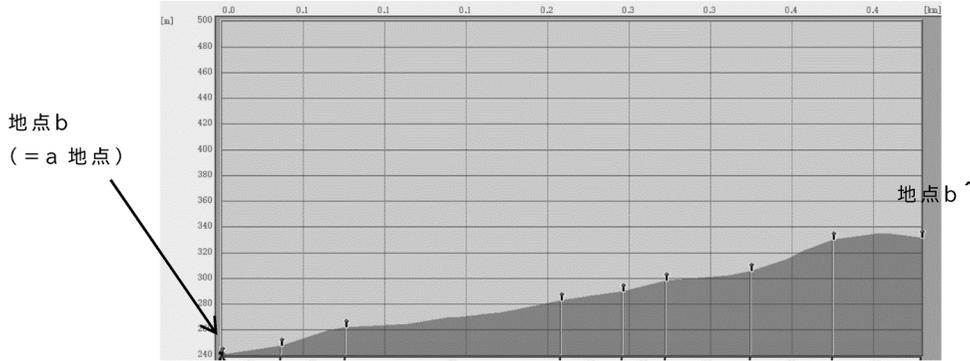
メント表は図-12のとおりである。

モデルコースの沿面距離 1.8km, 標高差 133.2m, 所要時間約 30 分 (休憩時間除く), コース定数 3, $\text{コース定数} \times (\text{体重 } 60\text{kg} + \text{荷物 } 1\text{kg}) = \text{エネルギー消費量 } 180\text{kca} = \text{脱水量 } 180\text{ml}$ 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表を作成した。

3.4 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は進める過程で, 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, 環境経済学評価・代替法により評

横罫線：標高 20 m 毎
縦罫線：距離 100 m 毎



ルートB		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	0.037	0.04	0.022	0.029	0.155	0.028	0.042	0.458	0.429
沿面距離	km	0.037	0.042	0.024	0.029	0.159	0.031	0.043	0.472	0.433
標高差	m	7.117	14.450	-8.963	-2.125	-29.576	-11.431	-7.705	-85.199	91.386
推定時間	s	59	56	197	24	124	27	34	442	857
累積標高 (+)	m	7.117	14.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.065	94.277
累積標高 (-)	m	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.891	-2.891	-2.891
最大標高	m	247.616	262.066	282.914	289.916	298.54	305.916	330.375	334.776	334.776
最大傾斜	°	10.9	22.5	14.7	11.7	18.1	13.8	30.9	9.8	22.5
最大勾配	%	19.3	41.4	26.2	20.7	32.7	24.6	59.8	17.3	41.4

図-11 ルート B

Fig. 11 Route B

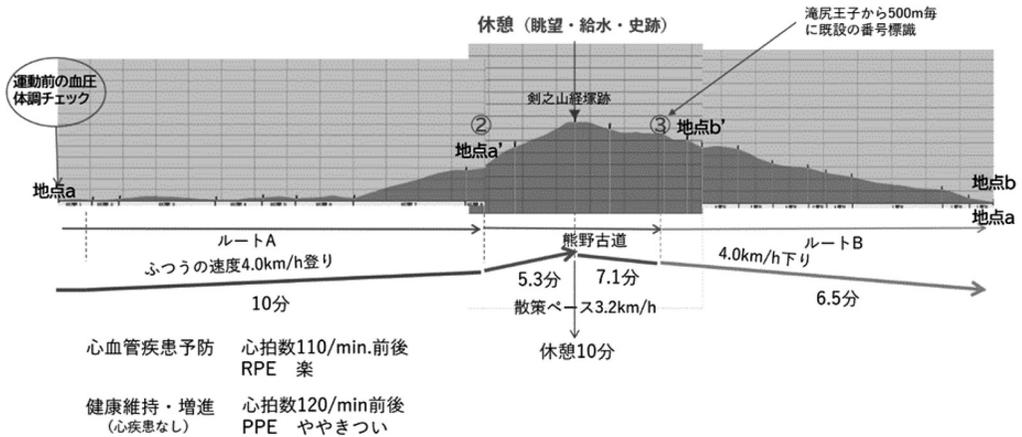


図-12 モデルコース 運動マネージメント表

Fig. 12 Model course: Exercise management table

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。

3.4.1 環境経済評価 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する。

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、モデルコース巾 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。

3.4.2 医療経済学的手法 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 4,339 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うえでも、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。田倉智之ら (Takura, 2019) が冠動脈疾患 (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。絹川真太郎 (2017) 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。精密な評価のためには、本研究で得られる結果のみでは不十分であるが、心臓リハビリの評価で前述のような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・改善に寄与してい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。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いルート情報の提供・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。

5. おわりに

登山は運動療法として適切に行えば、動脈硬化予防になり、筋力の保持を目指せば高齢者のロコモ（運動器の障害）などの予防にもなる。コロナ禍において社会的距離が確保でき、運動と気分転換も可能な森林環境はその活用が期待される。細かく山岳道ルート情報を取得し、運動強度をコントロールすることで歴史ある巡礼道もユニバーサルな利用が可能になる。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田辺市同様、観光交流の増大を目指す自治体は多くあり、森林環境の安心・安全の確保が求められる。次段階として図-8で示した運動指針のケースシリーズスタディを行いたい。

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。

- 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.253 No.9.
- 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
- 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)
- 大森薫雄 (2015) 中高年のための登山医学. 東京書籍.
- 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.
- 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.
- Kentaro 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)
- 絹川真太郎 (2017) 心不全の病態と運動療法. 循環制御 第38巻第2号 (2017). 113-118.
- 警察庁 (2009, 2018, 2020) 山岳遭難の概況.
- 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.
- 国立健康栄養研究所 (2012) 改訂版・身体運動のメッツ (METs) 表.
- 児島弘幸 (2018) 和歌山県の山: 山と溪谷社. 30.
- 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.
- 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)
- 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)
- 栢植隆宏・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
- Tomoyuki Takura, Nozomi Ebata-Kogure, Yoichi Goto, Masahiro Kohzaki, 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
- (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.
- 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.
- 増山茂 (2006) 登山医学入門.
- 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.
- 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.
- 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—過去の体力過去のもの—.
- 公益財団法人日本生産性本部 (2009) レジャー白書.
- 公益財団法人日本生産性本部 (2018) レジャー白書.
- 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・慢性心不全診療ガイドライン (2017年改訂版).
- 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).
- 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.
- 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.
- 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.

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.

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.

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.

(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)

(2021 年 5 月 21 日受付)

(2021 年 11 月 17 日受理)