

## 運動量と運動強度の簡易評価法の検討 —環境要因・運動要因・主体要因の関係から—

### Examination of Simple Evaluation Method of Exercise Amount and Exercise Intensity: From the Relationship between Environmental Factors, Exercise Factors and Exerciser Factors

高田由基, 西野愛梨, 小池守  
帝京科学大学

Yoshiki TAKADA, Airi NISHINO, Mamoru KOIKE  
Faculty of Education & Human Sciences, Teikyo University of Science

要約：本研究は、学校教育の運動部において利用可能な運動量と運動強度の簡易評価法について、運動時の環境要因、運動要因、主体要因との関係を検討した。その結果、以下の2点が明らかとなった。

- 1) 運動量及び運動強度は、耳温度の変化を調べることで推察できる。
- 2) 耳温度の変化と主観的運動強度を照らし合わせることで意図した練習が行われたかを推察できる。

以上のことから、耳温度を用いた簡易評価法は、練習時の運動量と運動強度を確認するために有用な簡易評価法に成り得ることが示唆された。

#### I. 序論

スポーツ活動では、トレーニングにより能力や技術を向上させることが重要である。そのため指導者には、運動主体者（選手）にとって適切なトレーニングプログラムを計画することが求められている。例えば、学校教育の運動部の練習において、同一メニューを設定しても、個人差により同質のパフォーマンス向上が見込めないこと、また安全面の配慮により、運動量や運動強度が不十分になってしまったり、運動主体者の満足感を得ることができなかつたりするという問題を抱えている。

「運動部活動の在り方に関する総合的なガイドライン」（スポーツ庁、2018）によると、合理的でかつ効率的・効果的に活動に取り組み、学校全体として運動部活動の指導・運営に係る体制を構築することや、生徒の心身の健康管理及び事故防止などが示されている。このため、運動部顧問は、専門的知見を有する運動経験者であることが望ましいが、実際には未経験者が多く、練習計画の立案、メニューの設定、その評価など困難を抱え、精神的な負担となっている（安藤、2018）。ガイドラインで提言されているように合理的でかつ効率的・効果的に取り組むこと、運動主体者のレベルに合った安全かつ適切な運動量と運動強度

が確保された活動を実施することは重要である。そのため、個に応じたトレーニング負荷を評価・確認する必要がある。

近年、「活動量計」と呼ばれる運動量を数値化できる端末が登場した。活動量計には、加速度計、心拍モニター、GPSなどが搭載されており、身につけることで消費カロリーや運動量、運動強度、心拍数などのデータ計測が可能である。また、走行（歩行）速度や場所をリアルタイムで把握できるランニングウォッチもある。こうした活動量計やランニングウォッチを用いることで運動量や運動強度が把握でき、健康管理やレベルに合ったトレーニングが一部の人には可能となった。

トレーニング計画や強度評価及び検討指針として、最大酸素摂取量や心拍数、血中乳酸濃度、主観的運動強度を用いた報告（家吉・増本・森・松村・山本、2014、2015）の他、陸上競技女子長距離選手の体調確認の実践事例として主に医療分野で用いられているVAS法によるトレーニング内容の変更や決定が効果的であること（松村、2009）や、活動量計を用いた子どもの日常生活におけるエネルギー消費量の推定（大森・古泉・金子、2008）、幼児の身体活動量の推定（塩見・角南・沖嶋・吉武・足立、2008）などの報告もある。

しかし、学校教育の運動部で、活動量計やランニングウォッチの利用は、費用や専門的な知識を有した指導者の有無などの面から現実的とは言えない。

そこで本研究は、学校教育の運動部において利用可能な運動量と運動強度の簡易的な評価方法の基礎的資料を得ることを目的に、運動時の環境要因、運動要因、主体要因との関係について調査・検討を行うこととした。

## II. 研究方法

### 1. 被験者及び測定期間

本研究は、基礎的資料を得ることを目的とするため、調査対象種目を運動量が比較的評価しやすい陸上競技長距離種目とし、調査対象者を身体的、精神的及び安全面の配慮から大学生とした。被験者は都内T大学陸上競技部に所属し長距離種目を専門とする女子大学生7名である(表1)。1回目の調査(以下、調査)は8月下旬から9月上旬の5日間(8/31~9/4)、2回目の調査(以下、追調査)は9月下旬から10月上旬の5日間(9/30~10/7)に、T大学グラウンドで行った。

表1 被験者の身体的特徴

番号	学生	年齢	身長	体重
1	A生	20.5	157.8	50.0
2	B生	20.3	151.3	52.2
3	C生	20.2	171.0	56.0
4	D生	20.1	164.3	48.7
5	E生	18.5	156.7	48.2
6	F生	18.8	155.5	41.8
7	G生	18.6	173.3	59.3
平均		19.6	161.4	50.9
標準偏差		0.89	8.31	5.68

※単位：年齢(歳)、身長(cm)、体重(kg)

なお、本研究は、所属機関の「『人を対象とする研究』に関する倫理審査委員会」の承認を受けて実施したものである(承認番号20A028)。実験実施に先立ち、被検者及び未成年被験者の保護者には、本研究の目的及び実験に伴う危険性について

て口頭及び書面での説明を行い、実験参加の同意を得た。

### 2. 測定項目と方法

#### a. 環境温度測定

グラウンドの温度環境は、日本スポーツ協会(2020)「熱中症予防のための運動指針」に示されている環境温度の測定方法に従い、およそ2時間の練習中、練習開始時・練習開始から1時間後・練習終了時の3回、毎日測定した。

本来測定する項目は、乾球温度(NDB)、湿球温度(NWB)、黒球温度(GT)、相対湿度(rh)及びWBGT(湿球黒球温度)であり、WBGTは乾球温度、湿球温度から①式により算出するが、本研究ではWBGT計(A&D:AD5698)を用いて測定した。

【屋外で日射のある場合の計算式】

$$WBGT = 0.7 \times NWB + 0.2 \times GT + 0.1 \times NDB \dots \textcircled{1}$$

#### b. 飲水量測定

飲水量は、500mlのペットボトルを1人4本ずつ用意し、飲水前・飲水後の残量をデジタルクッキングスケール(タニタ:KD-320)で計量した。

先行研究では、個人用ボトルを用いた自由飲水を実施することで体重減少量が一定範囲内に保たれたこと(中井・芳田・寄本・岡本・森本, 1994; 丹羽他8名, 1996)、冷えた状態の飲料水を自由に飲水できるよう整備したことが対象者の過度な脱水(2%以上の脱水)を防いだこと(長尾他8名, 2020)が報告されている。本研究においても被験者の安全に配慮し、よく冷やした市販のミネラルウォーターを用意し、飲水は自由に行えるようにした。

#### c. 体重測定

体重は、練習前体重(以下、前体重)と練習後体重(以下、後体重)をデジタル体重計(ETEKI:EB4040J, 最小目盛50g)で測定した。測定は、衣服の影響や体に付着した汗や水分の影響をできる限り少なくするため、アンダーウェアになり汗を拭きとった後に行った。

#### d. 発汗量・体重減少量測定

発汗量は、前体重と後体重と飲水量から②式により算出した。

$$\text{発汗量} = (\text{前体重} + \text{飲水量}) - \text{後体重} \dots \textcircled{2}$$

体重減少量は、前体重と後体重から③式により算出した。

$$\text{体重減少量} = (\text{前体重} - \text{後体重}) \dots \textcircled{3}$$

### e. 体温測定

体温は、調査では練習前と練習後の2回、追調査では練習前と練習メニュー直後（以下、運動直後）の2回、耳赤外線体温計（オムロン：MC-510）、脇専用体温計（オムロン：MC-681）、非接触赤外線体温計（HuBDIC：HPS-1000）を用いて、耳・脇下・こめかみ部で測定した（以下、耳温度、脇下温度、こめかみ温度）。測定にあたり測定部の汗をタオル等で拭き取り、3回ずつ測定し、その平均値を測定値とした。

### f. 消費カロリー・カーディオ負荷測定

本研究で取り上げる消費カロリー（kcal）は、以下の1）～4）の項目に基づき、加速度と心拍数データの組み合わせにより計算される。

- 1) 体重, 身長, 年齢, 性別
- 2) 個人の最大心拍数 (HRmax)
- 3) トレーニングまたはアクティビティの強度
- 4) 最大酸素摂取量 (VO<sub>2</sub>max)

カーディオ負荷とは、トレーニング負荷を定量化するために、トレーニングインパルス計算 (TRIMP) に基づいて計算された数値で、トレーニングセッションが心血管系にどの程度の負担がかかるかを示す数値である。カーディオ負荷値が高いほど心血管系のトレーニングセッションは激しい (POLAR, 2019)。

消費カロリー及びカーディオ負荷は、被験者の手首に取り付けた心拍計 (POLAR: VANTAGE M) で、練習開始時から練習終了時まで測定した。なお、本研究では、被験者の移動距離、消費カロリー及びカーディオ負荷を運動量1) とした。

### g. 主観的運動強度

指導者が設定する運動強度に対して、被験者が感じた運動強度（以下、主観的運動強度）を調べるため、1から10の10段階（1：弱い、5：強い、10：非常に強い）の評定尺度CR-10スケール (Borg G.A, 1982) を用いて、毎回の練習終了後に数値を選択させた。

### 3. 調査及び追調査、各5日間の練習メニュー

調査及び追調査の各5日間に行った練習メニューは表2の通りである。

陸上競技の練習計画は、1～2週間単位の計画「マイクロサイクル」、複数のマイクロサイクルから成る4～8週間単位の計画「メゾサイクル」、複数のメゾサイクルから成る4か月～1年単位の計画「マクロサイクル」によって構成されるが、短期

表2 5日間の練習メニュー

	練習日	練習メニュー	運動強度
調 査	1日目	60分間ジョギング	4
	2日目	8000mビルドアップ走 1キロ毎にペースを上げて いく練習	7
	3日目	インターバル走1000m×5	8
	4日目	80分間ジョギング	5
	5日目	60分間ジョギング	4
追 調 査	1日目	インターバル走1000m×5	8
	2日目	80分間ジョギング	5
	3日目	8000mビルドアップ走 1キロ毎にペースを上げて いく練習	7
	4日目	60分間ジョギング	4
	5日目	60分間ジョギング	4

※運動強度は、指導者が考えた10段階の評価基準  
(1：低強度 — 10：高強度)

※体重、運動強度、運動時間を掛け合わせたものが運動量であり、運動強度を同一にした場合、体重により運動量は変わるが、実際の指導場面では、同一メニューで練習を行うことが多く、運動量は結果であるため練習メニューを運動課題とした。

的にも長期的にも強化、回復、調整などの目的をもって構成される (公益財団法人日本陸上競技連盟, 2018)。本研究の練習メニューは上記のような練習の目的と周期を考慮し、指導者が意図的に運動強度に変化をつけて設定したものである。

## III. 分析方法

測定値（連続量）は、平均値と標準偏差を算出した。2変量間の相関関係はピアソンの積率相関係数を用いて、相関係数<sup>2)</sup>及びp値（両側確率）により検討した。相関係数は関係性の確認に、p値（両側確率）は有意差の検定に用いた。質問紙調査で回答させた主観的運動強度（10段階の評定尺度）はキュード検定により、群の有意差を検定した。なお、評定尺度は順位尺度であり連続量ではない。そのため平均値をとることは適切ではないが、本研究では、10段階と細かな評定尺度を使用するため、他項目との比較のために便宜的に平均値をとった。

## IV. 結果と考察

### 1. 環境温度

調査及び追調査の練習時の環境温度 (WBGT)

の平均値を図1にプロットした。調査5日間の平均環境温度(WBGT)は26.1℃, 追調査5日間の平均環境温度(WBGT)は18.4℃となった。日本スポーツ協会の熱中症予防のための運動指針において, 調査は「警戒」, 追調査は「ほぼ安全」に該当した。

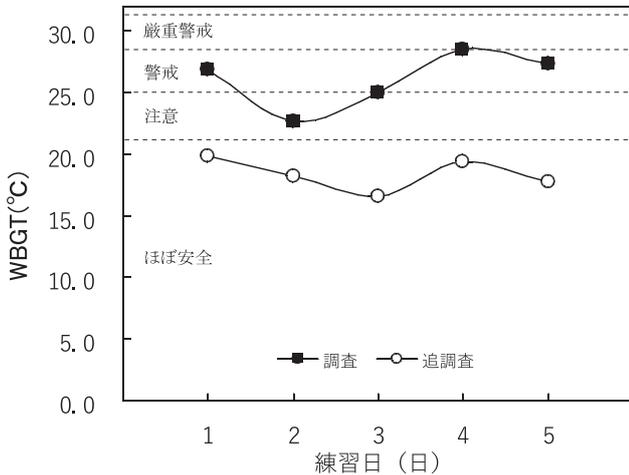


図1 調査日及び追調査日の環境温度

## 2. 調査の体重減少量・発汗量・体温変化・移動距離・消費カロリー・カーディオ負荷

調査における被験者の体重減少量・発汗量・体温変化(耳・脇下・こめかみ)・移動距離・消費カロリー・カーディオ負荷の平均値及び標準偏差を表3に記した。ただし, 被験者により体重が異なることから, 発汗量は②式で求めた被験者それぞれの発汗量を体重1kg・1時間あたりに, 体重減少量は③式で求めた被験者それぞれの体重減少量を体重1kg・1時間あたりに直し, 調査日

表3 調査日の体重減少量・発汗量・体温変化・運動量の平均値及び標準偏差

練習日	WBGT	体温変化					運動量		
		体重減少量	発汗量	耳	脇下	こめかみ	移動距離	消費カロリー	
1日目	26.9	8.04 (4.248)	14.7 (3.66)	0.7 (0.48)	0.0 (0.31)	-0.1 (0.28)	12.5 (0.73)	633.1 (92.90)	119.6 (34.25)
2日目	22.7	8.28 (4.296)	12.0 (6.30)	0.2 (0.59)	-0.2 (0.35)	-0.1 (0.13)	14.9 (0.56)	740.1 (146.91)	162.0 (48.63)
3日目	25.0	7.43 (2.430)	12.7 (6.57)	0.3 (0.48)	0.0 (0.28)	0.0 (0.23)	13.1 (0.75)	620.5 (231.71)	146.8 (16.20)
4日目	28.5	7.25 (3.632)	11.6 (2.77)	0.5 (0.76)	0.0 (0.32)	-0.2 (0.19)	13.1 (1.01)	627.9 (87.37)	100.6 (27.11)
5日目	27.3	10.65 (2.428)	15.2 (2.74)	0.7 (0.41)	-0.06 (0.20)	-0.1 (0.23)	11.8 (1.06)	569.4 (88.77)	107.3 (30.96)

※単位: WBGT (°C), 体重減少量 (g/(kg・hr)), 発汗量 (g/(kg・hr)), 体温変化 (°C), 移動距離 (km), 消費カロリー (kcal), カーディオ負荷 (無単位)

※上段数値は平均値, 下段括弧内は標準偏差を表す。

毎に平均値を求めた<sup>3)</sup>。

体温変化は, 耳温度はプラスの値になったが, 脇下温度, こめかみ温度はマイナスの値になった(図2)。この原因は, 発汗に伴う気化熱の影響と考えられた。

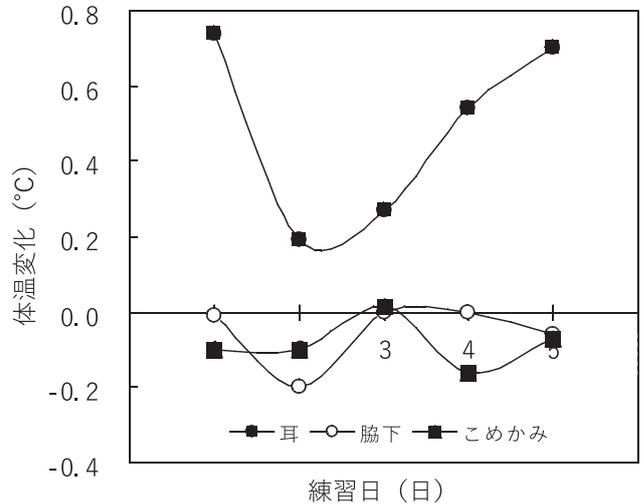


図2 調査日の体温変化(耳・脇下・こめかみ)

## 3. 調査日の体重減少量及び体温変化と発汗量・移動距離・消費カロリー・カーディオ負荷の関係

学校教育の運動部で活用する指針としては, 高価な機器を使わないことが重要である。そのため, 安価で日常的に利用している機器で計測できる体重(体重減少量)と体温(体温変化)に着目し, 体重減少量及び体温変化値と他の項目(発汗量・移動距離・消費カロリー・カーディオ負荷)との相関係数及びp値(両側確率)を求め, 表4にまとめた。

調査において体重減少量と正の高い相関関係が得られたのは発汗量のみであった。また, 体温変化値では, 耳温度で発汗量, 移動距離, カーディオ負荷との間に高い相関関係が得られた。脇下温度は移動距離と消費カロリーの間に高い相関関係が得られた。こめかみ温度はいずれの項目とも相関関係はなかった。いずれの場合もp値は5%未満でないことから有意差はないが, 体温変化の中でも特に耳温度は, 運動量に関係する項目と相関関係が高く, 運動量を推察する指針としての可能性を秘めていた(カーディオ負荷,  $p=0.069$ ; 移動距離,  $p=0.082$ )。しかし, 耳温度においても, 移動距離とカーディオ負荷は負の相関関係にあった。これは, 調査においては体温測定を練習前と

表4 調査日の体重減少量及び体温変化と他項目の相関係数及びp値（両側確率）

【調査】		体温変化			
	体重減少量	耳	脇下	こめかみ	
体重減少量	1.000	0.425 (0.4761)	-0.270 (0.6607)	0.016 (0.980)	
	0.768 (0.130)	0.728 (0.163)	0.193 (0.756)	0.216 (0.727)	
体温変化	耳	0.489 (0.404)	1.000	0.523 (0.366)	-0.350 (0.563)
	脇下	-0.252 (0.683)	0.523 (0.366)	1.000	0.136 (0.827)
	こめかみ	0.016 (0.980)	-0.350 (0.563)	0.136 (0.827)	1.000
運動量	移動距離	-0.507 (0.383)	-0.830 (0.082)	-0.706 (0.183)	-0.139 (0.823)
	消費カロリー	-0.403 (0.501)	-0.692 (0.196)	-0.761 (0.135)	-0.218 (0.725)
	カーディオ負荷	-0.285 (0.643)	-0.848 (0.069)	-0.633 (0.251)	0.484 (0.408)

※上段数値は相関係数（無単位），下段の括弧内はp値（両側確率）を表す。

※相関係数が0.70以上の項目を色付けた。

練習後に行い，最も体温が上昇する運動直後の体温を測定していなかったためと考えられた。

#### 4. 追調査の体温変化と運動量

上記の測定結果の考察から，体温測定のタイミングを練習後から運動直後に変えることで体温変化値と運動量（移動距離・消費カロリー・カーディオ負荷）との関係が正の相関関係になるのではないかと考えた。

そこで，同一被験者に，同一グラウンドで同一メニューの練習を9月下旬から5日間（9/30，10/1，10/3，10/5，10/7）実施し，練習前と運動直後の体温変化（耳・脇下・こめかみ），練習終了時の移動距離・消費カロリー・カーディオ負荷について追調査を行った（表5）。

##### (1) 運動直後の体温変化

練習前と運動直後の体温変化に，測定部位や測定方法による相違があるのかを調べるため，追調査5日間の体温変化（耳，脇下，こめかみ）をそれぞれ図3にプロットした。その結果，耳温度の変化が最も大きく，全て正の値となった。追調査においても，脇下温度とこめかみ温度の変化は一部にマイナスの値が見られた。

表5 追調査の体温変化（運動直後）と移動距離・消費カロリー・カーディオ負荷の平均値及び標準偏差

【追調査】		体温変化			運動量		
練習日	WBGT	耳	脇下	こめかみ	移動距離	消費カロリー	カーディオ負荷
1日目	19.9	0.93 (0.315)	0.21 (0.478)	0.01 (0.273)	17.7 (1.80)	840.7 (180.82)	206.4 (67.47)
2日目	18.2	0.11 (0.501)	0.00 (0.173)	0.04 (0.181)	13.6 (1.15)	646.6 (113.32)	115.6 (45.13)
3日目	16.6	0.94 (0.854)	-0.13 (0.269)	0.21 (0.241)	15.5 (2.47)	725.1 (188.26)	166.1 (59.57)
4日目	19.4	0.04 (0.709)	-0.16 (0.321)	-0.11 (0.177)	12.9 (1.16)	559.0 (84.99)	106.7 (27.56)
5日目	17.7	0.04 (0.818)	-0.10 (0.529)	-0.10 (0.163)	11.0 (1.46)	506.4 (65.00)	82.7 (28.60)

※単位：WBGT（℃），体温変化（℃），移動距離（km），消費カロリー（kcal），カーディオ負荷（無）

※上段数値は平均値，下段括弧内は標準偏差を表す。

※体温は小数第1位までしか計測していないが，体温変化と運動量の関係を検討するため，平均値として小数第2位まで表記した。

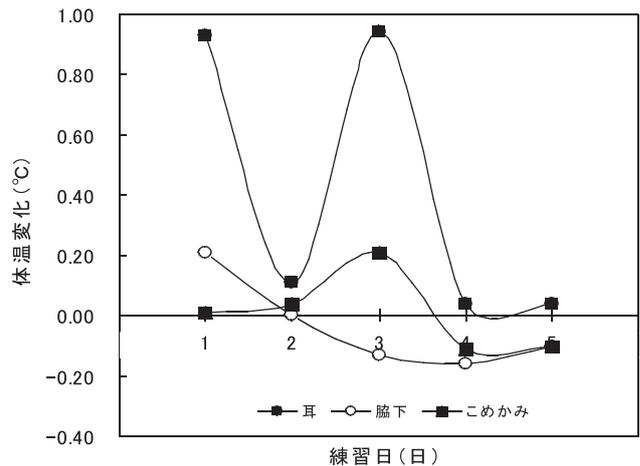


図3 追調査の体温変化（耳・脇下・こめかみ）

##### (2) 運動直後の体温変化と運動量

練習前と運動直後の体温変化と運動量（移動距離・消費カロリー・カーディオ負荷）との関係が正の相関関係になるのではないかと考えた。そこで，同一被験者に，同一グラウンドで同一メニューの練習を9月下旬から5日間（9/30，10/1，10/3，10/5，10/7）実施し，練習前と運動直後の体温変化（耳・脇下・こめかみ），練習終了時の移動距離・消費カロリー・カーディオ負荷について追調査を行った（表5）。

その結果，耳温度は，移動距離，消費カロリー，カーディオ負荷の全ての関係において5%水準で有意な差が見られた。すなわち「2変量間に相関はない」とする帰無仮説が棄却され，正の高い相関関係が得られた。一方，脇下温度及びこめかみ温度と運動量の間には，有意な差は見られなかった。

表6 運動直後の体温変化と移動距離・消費カロリー・カーディオ負荷の相関係数及びp値(両側確率)

【追調査】	体温変化		
	耳	脇下	こめかみ
移動距離	0.889 (0.044)	0.705 (0.184)	0.564 (0.322)
消費カロリー	0.891 (0.042)	0.754 (0.141)	0.603 (0.282)
カーディオ負荷	0.934 (0.020)	0.694 (0.194)	0.570 (0.315)

※数値は相関係数(無単位), 括弧内はp値(両側検定)を表す。

### (3) 運動直後の体温変化と運動強度

練習前と運動直後の体温変化(耳・脇下・こめかみ)と指導者が設定した運動強度との関係を探るため, それぞれ相関係数及びp値(両側確率)を求め, 表7にまとめた。その結果, 耳温度は指導者が設定した運動強度と1%水準で有意差が見られた。すなわち「2変量間に相関はない」とする帰無仮説は棄却され, 正の高い相関関係が得られた。一方, 脇下温度及びこめかみ温度と運動量の間には, 有意差は見られなかった。

表7 運動直後の体温変化と運動強度の相関係数及びp値(両側確率)

【追調査】	体温変化		
	耳	脇下	こめかみ
運動強度	0.965 (0.008)	0.677 (0.210)	0.668 (0.218)

※数値は相関係数(無単位), 括弧内はp値(両側検定)を表す。

耳赤外線体温計は, 深部体温を測ることができ, 腋窩体温計に比べ外気温や汗などの影響を受けず, 正確な体温を測定することができる(三浦・江藤・岡島・関寺, 2003)ことから, 耳温度の変化が運動量及び運動強度と高い相関関係を示したと考えられる。深部体温について環境要因, 運動要因, 主体要因との関係から論じた先行研究では, 深部体温は絶対的な運動強度ではなく相対的な運動強度(%最大酸素摂取量)に依存すること(B.Saltin&L.Hermansen, 1966), 環境温度5

-25℃において深部体温は運動強度に依存すること(A.R.Lind, 1963), 大学長距離選手を対象にした研究で0-30℃の環境において深部体温は外気温ではなく運動強度に依存すること(鈴木・黒田・塚越・雨宮・伊藤, 1974)が明らかにされている。本研究の運動課題(練習メニュー)は共通であるが, 被験者の能力によって走速度(設定ペース)を変えており, 指導者が設定した運動強度は被験者にとって相対的な運動強度となっている。

以上のことから, 運動量及び運動強度は, 耳温度の変化を調べることにより推察できることが分かった。

## 5. 主観的運動強度について

### (1) 指導者が意図する運動強度と主観的運動強度

上記の考察から耳温度の変化を調べることで, 運動量及び運動強度を推察できることが分かったが, 指導者が意図した運動強度と被験者が感じる運動強度が合致していなければ, 効果的な練習とは言えない。本研究の練習メニューは, 練習の目的と周期を考慮し, 指導者が意図的に運動強度に変化をつけて設定したものであるが, 10日間の主観的運動強度(表8)は日毎に差があるのかを危険率1%で検定(クエード検定)した。

表8 10日間の被験者の主観的運動強度

被験者	【調査】					【追調査】				
	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目
A	3	4	5	3	3	6	3	4	3	3
B	3	6	7	3	3	7	3	6	3	3
C	2	4	5	2	3	6	4	7	3	3
D	3	6	6	5	3	7	5	6	4	2
E	3	6	7	5	4	7	3	6	4	5
F	3	4	6	3	3	7	2	7	2	2
G	3	7	7	3	3	7	3	5	3	3
平均値	2.9	5.3	6.1	3.4	3.1	6.7	3.3	5.9	3.1	3.0

その結果, 「日毎に差はない」とする帰無仮説は棄却され( $p=4.20 \times 10^{-10}$ ), 被験者は日毎に運動強度の差があると感じていたことが分かった。

主観的運動強度の平均値を見ると, 調査では3日目が最も大きく, 1日目が最も小さな値に, 追調査では1日目が最も大きく, 5日目が最も小さな値になった。指導者が設定した運動強度(表2)と主観的運動強度の平均値(表8)との間に, 相関関係があるかを調べるため, 相関係数及

び $p$ 値（両側確率）を求めたところ、1%水準で有意な差があり、正の高い相関関係が得られた（ $p=0.000$ ,  $\gamma=0.980$ ）。このことから、指導者が意図した運動強度の練習が行われたと考えられる。

**(2) 運動量と主観的運動強度**

また、運動量と主観的運動強度との関係を調べるため、主観的運動強度の平均値（表8）と移動距離、消費カロリー及びカーディオ負荷について、それぞれ相関係数及び $p$ 値（両側確率）を求めた（表9）。その結果、主観的運動強度と各運動量（移動距離・消費カロリー・カーディオ負荷）の間に、1%水準で有意な差が見られた。すなわち「2変量間に相関はない」とする帰無仮説は棄却され、正の高い相関関係が得られた。これはFoster et al. (2001)により開発された主観的運動強度をもとにトレーニング量を算定する評価法（session-RPE法）からも妥当な結果と考えられる。

以上のことから、耳温度の変化と主観的運動強度を照らし合わせることで意図した練習が行われたかを推察できることが分かった。

**表9 主観的運動強度と運動量の相関係数及び $p$ 値（両側確率）**

【調査及び追調査】	運動量		
	移動距離	消費カロリー	カーディオ負荷
主観的運動強度	0.804 (0.005)	0.781 (0.008)	0.916 (0.000)

※数値は相関係数（無単位）、括弧内は $p$ 値（両側検定）を表す。

**6. 学校教育の運動部で活用する指針として**

学校教育の運動部で活用する指針としては、高価な機器を使わないことが重要である。そのため、安価で日常的に利用している機器で計測できる体重と体温を取り上げ、追調査を行った。しかし、体重測定は練習前後にアンダーウェアになる必要があり、時間を要するため運動主体者にとって負担である。また、体重減少量は発汗量以外の項目との相関関係が低く、測定してもそれが運動量を評価したことにはならなかった（表4）。一方、体温（耳温度の変化）は、発汗量・移動距離・カーディオ負荷と高い正の相関関係があり、運動量を推察できることが分かった（表6, 7）。

**V. まとめ**

本研究は、学校教育の運動部において利用可能な運動量と運動強度の簡易評価法について運動時の環境要因、運動要因、主体要因との関係を検討した。その結果、以下の2点が明らかとなった。

- 1) 運動量及び運動強度は、耳温度の変化を調べることで推察できる。
- 2) 耳温度の変化と主観的運動強度を照らし合わせることで意図した練習が行われたかを推察できる。

以上のことから、耳温度を用いた簡易評価法は、練習時の運動量と運動強度を確認するために有用な簡易評価法に成り得ることが示唆された。本研究は簡易的評価方法についての基礎的資料を得ることを目的としたものである。今後は、小中高高等学校の陸上競技部をはじめとする運動部で、耳温度を用いた簡易評価法の妥当性を検討する必要がある。その妥当性が確認できれば、運動部活動の合理的でかつ効率的・効果的な取組において有用な指針になるのではないかと考える。

**謝辞**

本研究の推進にあたり、ご協力いただきましたT大学陸上競技部の皆様に感謝申し上げます。

**註釈**

- 1) 運動量は力学の用語（質量と速度の積）でもあるが、「健康づくりのための身体活動基準2013」（厚生労働省：2013年3月）において、「身体活動」と「運動」は以下のように定義されている。
  - ①「身体活動」：安静にしている状態より多くのエネルギーを消費する全ての動作のこと。
  - ②「運動」：身体活動のうち、体力の維持・向上を目的として計画的・意図的に実施し、継続性のある活動。
 本研究の内容は、②であるため、「運動（量）」という言葉を用いた。
- 2) 本論文では、大学の授業で用いられている文献を参考に相関関係の程度を以下のように記述する（山上・倉智, 2018）。
  - 0.00～±0.20 ほとんど相関関係はない。
  - ±0.20～±0.40 相関関係はあるが低い。
  - ±0.40～±0.70 かなり相関関係がある。
  - ±0.70～±1.00 高い相関関係がある。
- 3) 体重、発汗量、体重減少量は、先行研究と比

較検討するため、過去の研究（梶原・川嶋・伊東・井筒・野崎，2002）で使用した単位に合わせた。

## 引用文献

- A. R. Lind (1963). A physiological criterion for setting thermal environmental limits for everyday work. *J Appl Physiol*, 18 : 51-6. <https://doi.org/10.1152/jappl.1963.18.1.51> (accessed, 2021.2.28)
- 安藤美華代 (2018). 「学校運動部活動指導者の心理的負担感と対処に関する検討」. 『岡山大学教師教育開発センター紀要』. 8号, 45-57
- Borg GA. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 14 (5) : 388-81
- B. Saltin, L. Hermansen (1966) Esophageal, rectal, and muscle temperature during exercise. *J Appl Physiol*, 21 (6) : 1757-62. <https://doi.org/10.1152/jappl.1966.21.6.1757> (accessed, 2021.2.28)
- Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottshcal L, Hrovatin LA, Parker S, Doleshal P, Dodge C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res.* 15 : 109-115
- 家吉彩夏, 増本和之, 森寿仁, 松村勲, 山本正嘉 (2014). 「長距離走選手のトレーニング評価指標としての『ランニングポイント』の提案」. 『ランニング学研究』. 25巻 (1), 29-37.
- 家吉彩夏, 増本和之, 森寿仁, 松村勲, 山本正嘉 (2015). 「長距離走選手のトレーニング評価指標としての『ランニングポイント』の検討 - 生理応答および選手の感覚との対応性について -」. 『ランニング学研究』. 26巻 (2), 21-29.
- 梶原洋子, 川嶋伸次, 伊藤浩司, 井筒紫乃, 野崎忠信 (2002). 「夏季の野球運動時の環境温度, 発汗量, 飲水量, 脱水率, 体温上昇度および心拍反応からみた生体的負担度について」. 『文教大学教育学部紀要』. 36集, 73-82.
- 公益財団法人日本陸上競技連盟 (2018). 「中学校部活動における陸上競技指導の手引き」
- 公益財団法人日本スポーツ協会 (2020). 「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」
- 厚生労働省 (2013). 「健康づくりのための身体活動基準2013」 <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/dictionary/exercise/ys-031.html> (accessed, 2021.1.26)
- 松村勲 (2009). 「陸上競技女子長距離選手の体調確認の実践事例～VAS法の活用～」. 『スポーツパフォーマンス研究』. 1, 77-85.
- 三浦梨絵, 江藤晴美, 岡島淳子, 関寺友美子 (2003). 「耳式体温計の有用性についての検討 - 腋窩体温計との比較を通して導入を考える -」. 『東京医科大学病院看護研究集録』. 23, 25-28.
- 長尾茉珠, 田村達也, 片岡悠妃, 岡室憲明, 遠藤俊典, 安井年文, 宮崎純一, 今川正浩, 井上直子 (2020). 「暑熱環境下における大学体育授業実施時の生理指標の調査」. 『日本アスレティックトレーニング学会誌』 第5巻 (2), 185-189.
- 中井誠一, 芳田哲也, 寄本明, 岡本直輝, 森本武利 (1994). 「運動時の発汗量と水分摂取量に及ぼす環境温度 (WBGT) の影響」. 『体力科学』 43, 283-289.
- 丹羽健市, 中井誠一, 朝山正巳, 平田耕造, 花輪啓一, 井川正治, 平下政美, 菅原正志, 伊藤静夫 (1996). 「運動時の環境温度と飲水量・発汗量及び体温に関する実態調査」. 『体力科学』 45, 151-158.
- 大森桂, 古泉佳代, 金子佳代子 (2008). 「3次元加速度と心拍数による子どもの日常生活におけるエネルギー消費量の推定」. 『日本家政学会誌』 Vol61, No.11, 707-715.
- POLAR (2019) 「POLAR VANTAGE M ユーザーマニュアル」, 54
- 塩見優子, 角南良幸, 沖嶋今日太, 吉武裕, 足立稔 (2008). 「加速度計を用いた幼児の日常生活における身体活動量についての研究」. 『発育発達研究』 第39号, 1-6.
- スポーツ庁 (2018) 「運動部活動の在り方に関する総合的なガイドライン」
- 鈴木洋児, 黒田善雄, 塚越克己, 雨宮輝也, 伊藤静夫 (1974). 「環境温度と全身持久性に関する研究 (第4報) : 各種環境温度下での安静時および運動時の体温変動とエネルギー代謝について」. 『日本体育学会第25回大会抄録』 25 (0), 600.