

# 機械学習を用いた心拍予測に基づく マラソン走者支援に関する研究

松下一紀<sup>‡</sup> 秦野亮<sup>‡‡</sup> 西山裕之<sup>‡‡</sup>

<sup>‡</sup> 東京理科大学理工学研究科経営工学専攻

## 1 背景

マラソンは人気のあるスポーツであり、いつでもどこでも好きなときに自分で練習することができる。ただし、一部のランナーは怪我をする傾向がある。ランナーの79%が年間少なくとも1回の酷使による傷害を受けている[1]。さらに、予想外の涼しい環境下でも、致命的な労作性熱中症(EHS)の発生が発生する可能性がある。EHSの発生率は、フルマラソン完走者約10,000人中1人という報告もある[2]。そのため、ランナーのオーバートレーニングを防ぐことが重要である。これまで、トレーニング中のランナーをサポートするためにウェアラブルデバイスを使用するためのさまざまな研究が提案されている。しかし、実際のランニングは屋外で行われることが多く、外的要因を考慮しなければならない。

本研究では、ランナーの心拍数、走行速度などのデータに加えて、さらに外部要因(気温、湿度、標高など)を考慮し、ランナーの将来の心拍数を予測する手法を提案する。本研究で提案する手法は、訓練生が怪我や病気を防ぐだけでなく、健康管理にも役立つと考えている。

## 2 関連研究

将来の心拍数を予測するのに有用と考えられる特徴量を定めるために参考とした研究について述べる。

Salikら(2018)は機械学習技術を使用して、顔の表情を分析することにより、ランナーの疲労を認識する方法を提案した[3]。しかし、実験は屋内での活動に限定され、屋外ランナーの場合を考えると、ランニング中に訓練者の顔の表情を認識するためにカメラを装備したり定点観測のために設置するといったことは実用上問題がある。

Oscarら(2011)は、加速度計と心拍数モニターを使用し、ウォーキングやジョギングなどの活動の運動強度を予測する方法を提案した[4]。心拍数を特徴量として使用することで正確な運動強度の

予測ができることから、心拍数のデータは特徴量として有用であると考えられる。

## 3 提案手法

### 3.1 特徴量・ラベリング

本研究では、機械学習のアルゴリズムであるSupport Vector Machine (SVM)を用いて、将来の心拍数の予測を行った。データ収集は、ウェアラブルデバイス(PolarM600[5])を使用し、心拍数、走行速度、距離、ケイデンス(歩数/分)、高度(m)、腕の振りに関するx,y,zの3軸加速度に関するデータを取得した。また、外部要因のデータは気温、湿度を使用した。3軸加速度に関しては、データを心拍数とそろえるために1秒単位の平均をそれぞれ求めた。以上のデータから、機械学習モデルに組み込む。

本研究では、カルボーネン法[6]を用いて目的心拍数( $HR_t$ )を(1)式で計算した。これは持久力、筋力向上などのために求められる心拍数がかかる式である。

$$HR_t = (HR_{max} - HR_{rest}) \times E + HR_{rest} \quad (1)$$

Eは運動強度である。最大心拍数( $HR_{max} = 220 - age$ )で計算する(age=年齢)。安静時心拍数( $HR_{rest}$ )は、5分間横たわった時の心拍数の平均値である..

ランナーのパフォーマンスを改善するには、(1)式より60%から90%の運動強度時の心拍数で運動する必要がある。90%の運動速度よりも大きい場合、ランナーが負傷したり、体調不良になる可能性がある。よって、データには以下のようにラベル付けをした。その際、クラスデータ数に偏

Research for marathon runner support  
Based on heart rate prediction  
Using machine learning

Ikki Matsushita<sup>‡</sup>, Ryo Hatano<sup>‡</sup> and Hiroyuki Nishiyama<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Sci. and Tech. Tokyo University of Science

<sup>‡</sup> Graduate School of Sci. and Tech.  
Tokyo University of Science

りがあった為、アンダーサンプリングによって各クラスのデータ数を同じにした。

- C<sub>1</sub>: 運動強度が60%未満の時の心拍数
- C<sub>2</sub>: 運動強度が60%~90%時の心拍数
- C<sub>3</sub>: 運動強度が90%以上の時の心拍数

## 4 実験方法

本研究では被験者に実際にマラソンコースを走行してもらい、その際に取得したデータを用いて心拍数の予測モデルを作成する。被験者は10年のトレーニング、数回フルマラソンの経験がある。また、病気にかかっておらず、健康な非喫煙者である。実験中、運動強度が60%以上の状態を20分以上は維持する。実験データは、2019年7月から11月までに取得した8日間のものを使用した。

## 5 結果と考察

本研究では、次の2種類のデータに分けて5秒後の将来の心拍数を予測する。

- Case1: 高気温環境(7月~8月)
- Case2: 低気温環境(10月~11月)
- Case3: 全てのデータ(Case1,2両方のデータ)

データセットに対し、Matlab 2019a を使用し、10分割交差検証による分類結果を表1に示す。学習したモデルの性能を評価する指標はマクロ平均で計算した。全ての指標において90%以上の精度となった。しかし、表2, 3より、誤って判断されたC<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>の数が多い。これは、同じ心拍数であっても、ランナーの状態が異なるからだと考え。また、心拍数、走行速度のアップダウンにより、実際のデータがラベルで設定した心拍数の境目あたりを分類器が予測しているからだと考え。

表1: Case1, Case2, Case3の結果

評価指標	Case1	Case2	Case3
Accuracy	92.0%	93.3%	90.8%
Precision	92.0%	93.3%	90.7%
Recall	92.0%	93.3%	90.7%
F-value	92.0%	93.2%	90.7%

表2: Case1の分類結果

		予測値		
		c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>
真値	c <sub>1</sub>	238	0	1
	c <sub>2</sub>	1	204	34
	c <sub>3</sub>	0	22	217

表3: Case2の分類結果

		予測値		
		c <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>
真値	c <sub>1</sub>	166	3	0
	c <sub>2</sub>	2	152	15
	c <sub>3</sub>	0	14	155

## 6 結論

ウェアラブルデバイスによって取得したデータ、外部要因のデータに基づき機械学習を用いて、将来の心拍数を予測した。結果、全ての指標において90%以上であった。

今後の展望として、本研究で作成したモデルを導入し、実際の使用中に検証するといったことである。本研究における被験者では、健康な非喫煙者の人であった為、不健康、不整脈の人、ビギナーランナーなども追加実験をしていきたい。

## 参考文献

- [1] ML.Bertelsen, A.Hulme, J.Petersen, R.KorsgaardBrund, H.Sorensen, CF.Finch, ET.Parner, and RO.Nielsen. A framework for the etiology of running-related injuries. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, Vol. 27, No. 11, pp. 1170-1180, 2017.
- [2] William O. Roberts. Exertional heat stroke in the marathon. *Sports Med* 2007; 37 (4-5), pp. 440-443, 2007.
- [3] Salik Ram Khanal. Classification of physical exercise intensity by using facial expression analysis. *Proceedings of the Second International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC 2018)*, pp. 765-770, 2018.
- [4] Lara, O.D, Perez, A.J., Labrador, M.A, Posada, and J.D. A human activity recognition system based on acceleration and vital sign data. *Journal on Pervasive and Mobile Computing(2011)*, 2011.
- [5] Polar m600 — android wear 搭載スポーツ用スマートウォッチ — polar japan. Polar 社, July 2019.
- [6] Karvonen, M., K.Kentala, and O.Mustala. The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann. Med. Exptl. Biol. Fenn*, pp. 307-315, 1957.