



# 2016年度箱根駅伝 強化プロジェクト報告書

両角 速 (体育学部競技スポーツ学科) 西出仁明 (体育学部競技スポーツ学科)  
両角 駿 (大学院体育学研究科) 八田有洋 (体育学部生涯スポーツ学科)  
山下泰裕 (体育学部武道学科) 宮崎誠司 (スポーツ医科学研究所)  
寺尾 保 (スポーツ医科学研究所)

## The Reports on the Project of Hakone Ekiden in 2016

Hayashi MOROZUMI, Noriaki NISHIDE, Shun MOROZUMI, Arihiro HATTA, Yasuhiro YAMASHITA,  
Seiji MIYAZAKI and Tamotsu TERA0



### Abstract

The purpose of this study is to elucidate the effects of high-speed running in a hypobaric hypoxic environment on the autonomic nervous system during a conditioning period in long-distance runners. The subjects exercised for 30 minutes on a treadmill in hypobaric hypoxic environment at 3000m simulated altitude. The following parameters were measured during exercise and next morning post exercise ; RPE, heart rate (HR), arterial oxygen saturation (SpO<sub>2</sub>), the autonomic nervous system (HF normalized unit ; HFnu). Sleep, diet, fatigue and physical condition levels at rising were evaluated by Condition Check Sheet (CCS).

The results are as follow:

- 1) The HFnu at rising for a conditioning period showed a tendency to high volumes.
- 2) Evaluation by CCS at rising for a conditioning period showed a tendency to high scores.
- 3) The SpO<sub>2</sub> during exercise showed 70.6-80.8%.
- 4) The HR during exercise showed 167-197 b/min.
- 5) The RPE during exercise showed 11-17.
- 6) The HFnu at rising post exercise showed above 50%.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 29, 65-71, 2017)

関東学生陸上競技連盟に所属している各大学の長距離選手にとって、東京箱根往復大学駅伝競走(以下、箱根駅伝)は、最も主要な大会の1つである。箱根駅伝は、日本の長距離選手の登竜門ともなっている。箱根駅伝は、日々の完璧なトレーニング成果がなければ、出場への挑戦はできない。

怪我・故障、体調不良などの徴候(症状)は、出場、或いはシード権獲得への挑戦権を当然失うことになり、トレーニング成果はもとより、精細なコンディションづくりも勝敗に大きく影響してことになる。したがって、各選手が最高のパフォーマンスを発揮するためには、良好なコンディ

ションで競技大会に臨むことが必要である。箱根駅伝に出場する東海大学長距離選手も競技大会前の調整期には、出場選手一人一人が種々の調整法でコンディションを整えながら競技大会に備えている。

2016年度は、箱根駅伝の上位入賞（総合3位）を目標に、人工的高地環境システム（低圧室）を利用した高地トレーニング（標高3000m）および自然環境を利用した高地トレーニング（夏期高地合宿3週間、帯同；寺尾）を加えた相乗効果による競技力向上について医科学データを基に検討した。本研究では、低圧室でのトレーニング中から、選手一人ひとりの心拍数と動脈血酸素飽和度（SpO<sub>2</sub>）を計測した。SpO<sub>2</sub>は、選手ごとの生体負担度、さらにはトレーニング効果などを判断した。箱根駅伝5区の“山登りスペシャリスト”を選出・強化するために、夏期高地合宿において、特別トレーニングメニューとして白樺湖周辺の登坂道路で5区に類似したコースを利用したトレーニングを行わせた。また、実際の箱根駅伝5区のコースを想定した試走トレーニングも行わせた。

そこで、本報告は、箱根駅伝前の調整期における起床時の自律神経活動（自律神経活動量、交感神経と副交感神経のバランス）と競技成績と照らし合わせ、それらの関連を明らかにすることで、自律神経活動が競技成績にどのような影響を及ぼすのかを検討した。

## 1. 2016年夏期 全体第1次白樺高原合宿（白樺湖、女神湖、車山高原、霧ヶ峰高原）

距離走、クロカン、ロード起伏による走り込みを中心とした脚づくりなどを身に着ける為の第1次白樺高原合宿が、白樺湖・池の平ホテル（標高1450m）を拠点に、周辺のアップ・ダウンコース（白樺湖周回コース、霧ヶ峰クロカンコース；標高1600m、女神湖；標高1500mなど）でトレーニング（7泊8日）を実施した。とくに、霧ヶ峰クロカン10km及び12km走の終了直後に1000mのタイムトライアルでは、長距離選手の生体にかかる負担のかけるトレーニング（SpO<sub>2</sub>が80%前後

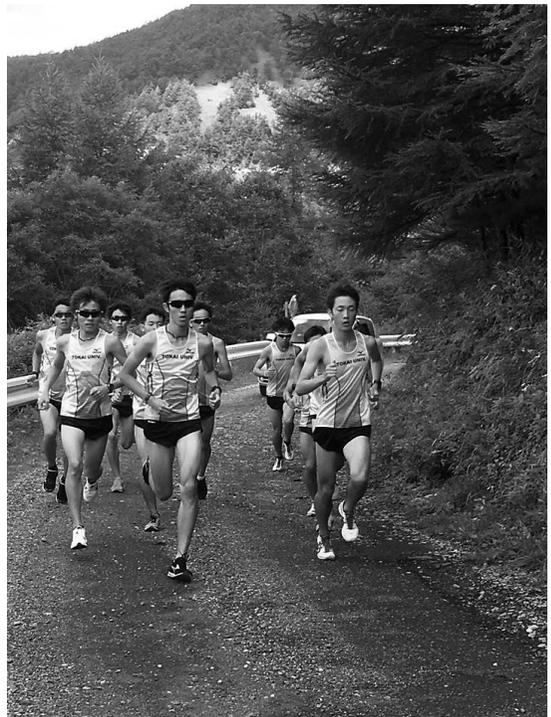


写真1 高峰高原（標高2000m）；トレイルランニング（16km）  
Photo 1 Takamine Highland (Altitude ; 2000m) : Trail-Running (16km).

にも低下、最も低下した選手で72%)を行った。白樺湖32km走（ラスト1周車山方面フリー）でも最大80~84%に低下した。7日目の安静時のSpO<sub>2</sub>は、96%にも増加傾向を示した。安静時のヘモグロビン濃度は、14.5g/dl~16.2g/dlの範囲を示した。さらに、この合宿の食事については、5段階評価（5：十分食欲あり~1：全く食欲なし）の5が大半を示した。食事の内容も選手の間で好評であった。体調（5：最良~1：最悪）では、5と4であった。今回の白樺高地合宿では、初期の目的である“高地順応と脚づくりなどの身体能力の強化”は種々の科学的データやコンディションチェックシートの値などから図られたと考える。なお、本合宿中には、“長距離選手の運動生理学”についての講義（3回）も実施した。

## 2. 2016年夏期選抜第2次菅平高原合宿および日本インカレ調整第3次菅平高原合宿

高地トレーニングと距離走による、体力と脚づ

くり・地形、ペース変化による、揺さぶり対応、集団力強化、選抜・強化の振り分け、日本インカレ対応などを目的に、第2次(22名)、第3次(11名)高地合宿が菅平高原(コア、バルニナ)を拠点に周辺の自然遊歩道(標高1248m)、サンアパーク陸上競技場(標高1303m)、峰の原クロカンコース(標高1500m)、ウエストランニングコースなどでトレーニングを実施した(13泊14日)。自然館遊歩道における1km×10周変化走(8分~7分30秒)では、終了直後のSpO<sub>2</sub>が87~92%の範囲で低下した。23kmロード走(3分~3分55秒=18分45秒~19分35秒、ラスト3km:3分40秒・3分30秒・3分20秒)では、終了直後のSpO<sub>2</sub>が82~89%の範囲で低下した。とくに、第2次高地合宿では高峰高原(標高2000m)を利用したトレイルランニング(距離16km)も実施した(写真1)。自然環境を利用した高地トレーニングでは、標高2000mのトレーニングは初めてであったが、全員が指定された時間内(片道4km:2往復4分~4分20秒)にゴールすることができた。SpO<sub>2</sub>は、80~89%の低下であった。最終結果、安静時のSpO<sub>2</sub>及びヘモグロビン濃度が増加傾向を示すなど、高地順化がみられた。タイムトライアル終了直後のSpO<sub>2</sub>は、最大79%の値を示すなど、低酸素耐性の向上もみられた。本合宿(第1次および第2次)には、低酸素テントも導入した。テント内の酸素濃度を2000メートルと同じ環境で、体調を考慮して指名した選手が睡眠をとった。睡眠中のSpO<sub>2</sub>は、平均値が92.62~94.25%(最低値が:90.08~90.32%)であった。

3次合宿の食事については、5段階評価(5:十分食欲あり~1:全く食欲なし)で5が5人、4が3人、3が3人であった。体調(5:最良~1:最悪)では、5が6人、4が2人、3が3人であった。疲労感(5:全く疲労なし~1:かなり疲労あり)は、5が2人、4が6人、3が1人、2が2人であった。今回の第2次及び第3次合宿において、上記の最終目的は、種々の科学的データやコンディションチェックシートの値などから図られたと考える。



写真2 人工的高地トレーニングシステムを利用した低圧(高地)トレーニング(標高3000m)  
Photo 2 The training in hypobaric hypoxic environment at 3000m simulated altitude.

### 3. 長距離選手の競技力向上を目的とした高地(低圧)トレーニング

人工的高地トレーニングシステムを利用した低圧(高地)トレーニング(スポーツ医科学研究所・低圧室):対象は、箱根駅伝候補選手とした。(1)年間のトレーニング時間

東海大学湘南キャンパス15号館のスポーツ医科学研究所に設置されている低圧室を利用し、高地トレーニングと同じ効果を得るために気圧、温度、湿度などの環境を調整し、低圧トレーニングを行った(標高:3000m、写真2)。低圧トレーニングは、2016年4月1日から2016年12月31日までに計88回実施した(1回2時間)。各選手の年間利用時間は、最も多い選手で36時間であった。

#### (2) トレーニング内容

2016年度の低圧トレーニング内容は、各選手のレース日程およびコンディションを考慮し、全身持久力は基より、ラストスパート時に必要な無気的能力、トップスピードの持続力の強化などをそれぞれ図った。

2016年度も寮での睡眠時に「低酸素テント」を使用した。テント内の酸素濃度を標高3000メートルと同じ環境に調節し、体調や試合日程を考慮して指名された選手が睡眠をとった。睡眠中のSpO<sub>2</sub>の平均値は、86.50%で、睡眠中も適度な低

酸素負荷がかかり、高地順応力の向上がみられ、レース1週間前に平地での睡眠に戻すことで徐々に睡眠も深くなり、疲労回復にもつながっていた。

#### 4. 調整期（レース前日まで）における起床時のCVRRおよびHFnuの変化

起床時のCVRR（自律神経活動の指標）およびHFnu（副交感神経活動の指標）の変化を箱根駅伝出場の10名を対象とした。被験者Aは、CVRRの変化が競技大会2週間前15.11～21.22%（平均値；17.13±3.67%）、1週間前7.01～21.55%（平均値；13.06±5.21%）を示した。HFnuの変化は、競技大会2週間前33.98～58.62%（平均値；40.09±9.29%）、1週間前36.01～64.21%（平均値；50.00±10.96%）であった。被験者Bは、CVRRの変化が競技大会2週間前8.54～11.91%（平均値；10.13±1.17%）、1週間前8.21～17.08%（平均値；11.80±2.85%）をそれぞれ示した。HFnuの変化は、競技大会2週間前42.64～70.13%（平均値；52.65±9.56%）、1週間前50.00～63.96%（平均値；55.05±5.34%）であった。被験者Cは、CVRRの変化が競技大会2週間前9.24～15.44%（平均値；11.92±2.59%）、1週間前9.58～18.17%（平均値；13.72±3.42%）をそれぞれ示した。HFnuの変化は、競技大会2週間前48.01～74.03%（平均値；58.03±10.58%）、1週間前52.45～78.85%（平均値；61.09±9.17%）であった。被験者Dは、CVRRの変化が競技大会2週間前10.64～18.12%（平均値；15.18±2.58%）、1週間前10.55～14.03%（平均値；12.21±1.34%）をそれぞれ示した。HFnuについては、競技大会2週間前26.12～63.98%（平均値；48.07±13.03%）、1週間前48.98～63.72%（平均値；52.63±5.51%）をそれぞれ示した。被験者Eは、CVRRの変化が競技大会2週間前8.88～14.69%（平均値；10.78±2.60%）、1週間前8.84～11.54%（平均値；9.59±1.01%）をそれぞれ示した。HFnuの変化は、競技大会2週間前36.04～58.29%（平均値；46.23±8.07%）、1週間前42.95～61.44%（平均値；51.89±7.79%）をそれぞれ

示した。被験者Fは、CVRRの変化が競技大会2週間前6.86～16.11%（平均値；10.74±2.80%）、1週間前6.88～14.39%（平均値；10.80±2.69%）をそれぞれ示した。HFnuについては、競技大会2週間前43.83～66.50%（平均値；56.94±8.66%）、1週間前43.03～63.04%（平均値；53.06±8.59%）をそれぞれ示した。被験者Gは、CVRRの変化が競技大会1週間前3.46～7.21%（平均値；5.14±1.28%）を示した。HFnuの変化は、競技大会1週間前42.20～83.67%（平均値；63.47±14.50%）をそれぞれ示した。なお、被験者Gは、レース当日（起床3時22分）も測定を行った。その結果は、HFnu；54.42%、CVRR；6.67%と、レース当日も良好なコンディションを維持していた。被験者Hは、CVRRの変化が競技大会2週間前5.10～13.95%（平均値；9.93±4.08%）、1週間前5.31～14.09%（平均値；8.65±3.52%）をそれぞれ示した。HFnuの変化は、競技大会2週間前58.08～78.70%（平均値；68.69±11.23%）、1週間前54.43～79.30%（平均値；63.92±10.14%）であった。被験者Iは、CVRRの変化が競技大会1週間前10.13～16.44%（平均値；12.94±2.47%）を示した。HFnuの変化は、競技大会1週間前41.78～77.31%（平均値；58.42±12.81%）であった。被験者Jは、CVRRの変化が競技大会2週間前9.24～15.44%（平均値；11.92±2.59%）、1週間前9.58～18.17%（平均値；13.72±3.42%）をそれぞれ示した。HFnuの変化は、競技大会2週間前48.01～74.03%（平均値；58.03±10.58%）、1週間前52.45～78.85%（平均値；61.09±9.17%）であった。これらの結果、箱根駅伝の調整期には、HFnuの値が高いことに加えて、CVRRの値も高い傾向を示した。

そこで、前述の被験者Gの結果から、調整期における良好なコンディションとともに、レース当日のコンディションの良否が重要となる。すなわち、レース当日は、不安と過剰な緊張、さらには、レース中（とくに前半）、沿道の大勢の人達による応援に対する興奮と力みすぎなどで、交感神経の過剰な亢進が起こると、副腎髓質からアド

レナリン分泌が亢進し、体内のグリコーゲン分解（血糖上昇）が促進され、体内のグリコーゲンの消耗を早めることになる。その結果、グリコーゲンの枯渇からレース後半の失速に繋がることも考えられた。

本研究の長距離選手は、夏期高地合宿（白樺湖、女神湖、車山高原、霧ヶ峰高原、菅平高原）や、日常、低圧室を利用したトレーニング及び低酸素テントを利用した睡眠等で高地における適応能力が向上していたことが示唆される。

## 5. コンディションチェックシートによる評価

起床時座位で心拍変動の測定後、コンディションチェックシートを用い、睡眠状況（5：非常に良い～3：普通～1：非常に悪い）、食事（5：十分食欲あり～3：普通～1：全く食欲なし）、疲労感（5：全く疲労なし～3：普通～1：非常に疲労あり）、体調（5：最良～3：普通～1：最悪）等、5段階評価を行った。

睡眠状況は、被験者A；競技大会2週間前3～4、1週間前3～4、被験者B；競技大会2週間前3～5、1週間前3～4、被験者C；競技大会2週間前2～5、1週間前4～5、被験者D；競技大会2週間前4～5、1週間前4～5、被験者E；競技大会2週間前2～5、1週間前3～4、被験者F；競技大会2週間前4～5、1週間前4～5、被験者G；1週間前3～4、被験者H；競技大会2週間前2～4、1週間前4～5、被験者I；競技大会2週間前3～5、1週間前4、被験者J；競技大会2週間前4～5、1週間前4～5であった。食事については、被験者A；競技大会2週間前3～4、1週間前3～4、被験者B；競技大会2週間前3～4、1週間前3～4、被験者C；競技大会2週間前2～4、1週間前2～5、被験者D；競技大会2週間前4～5、1週間前5、被験者E；競技大会2週間前3、1週間前3～4、被験者F；競技大会2週間前3～4、1週間前4、被験者G；1週間前3～4、被験者H；競技大会2週間前4、1週間前3～4、被験者I；競技大会2週間前3～5、1週間前4、被験者J；競技

大会2週間前3～4、1週間前4～5であった。疲労感は、被験者A；競技大会2週間前3～4、1週間前3～4、被験者B；競技大会2週間前2～4、1週間前2～5、被験者C；競技大会2週間前2～4、1週間前2～4、被験者D；競技大会2週間前3～5、1週間前3～5、被験者E；競技大会2週間前3～4、1週間前3～4、被験者F；競技大会2週間前3～4、1週間前3～4、被験者G；1週間前3、被験者H；競技大会2週間前2～5、1週間前3～4、被験者I；競技大会2週間前3～5、1週間前3～4、被験者J；競技大会2週間前2～4、1週間前3～4であった。体調は、被験者A；競技大会2週間前3、1週間前3～4、被験者B；競技大会2週間前3～4、1週間前3～4、被験者C；競技大会2週間前2～4、1週間前2～5、被験者D；競技大会2週間前5、1週間前5、被験者E；競技大会2週間前3～5、1週間前3～4、被験者F；競技大会2週間前5、1週間前5、被験者G；1週間前3～4、被験者H；競技大会2週間前3～4、1週間前3～5、被験者I；競技大会2週間前3～5、1週間前4、被験者J；競技大会2週間前4、1週間前4～5であった。

## 6. 低圧低酸素環境下のランニング中における動脈血酸素飽和度 (SpO<sub>2</sub>)、心拍数 (HR) および自覚的運動強度 (RPE) の変化

本研究では、競技大会前の調整期に、低酸素刺激を与えるため、トレッドミルを用い、ビルドアップ走、または二段階走（一定のペース後、速度を上昇）により、生体負担度の指標であるSpO<sub>2</sub>を70～80%になるようランニング速度を調整した（対象；5名）。なお、ランニング時間に関しては、各選手の自主的な判断に委ねた（30分程度）。SpO<sub>2</sub>（最低値）は、被験者A；74.0%、被験者B；80.8%、被験者D；75.3%、被験者E；71.8%、被験者J；70.6%であった。HR（最高値）は、被験者A；197拍/分、被験者B；173拍/分、被験者D；168拍/分、被験者E；167拍/分、被験者J；167拍/分であった。RPEは、被験者A；17、

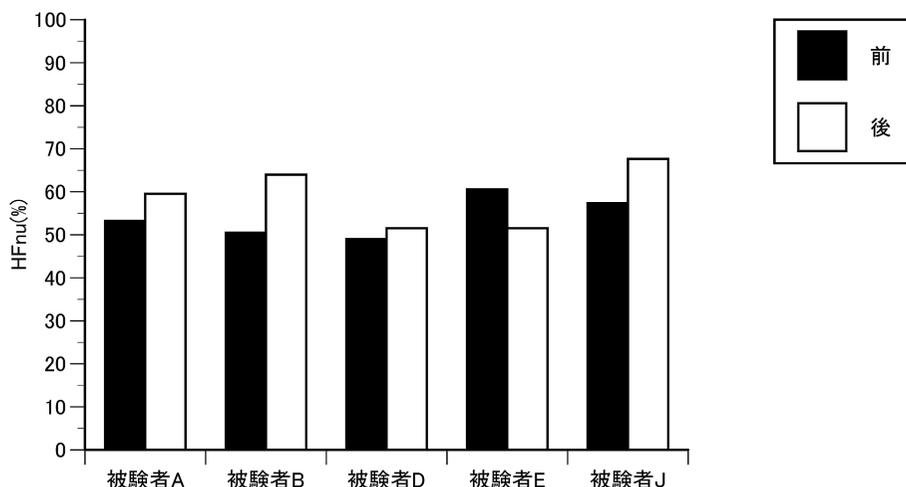


図1 低圧低酸素環境下のランニング終了後における翌朝起床時のHFnuの変化  
Fig. 1 Changes in HFnu at next morning post exercise in hypobaric hypoxic environment at 3000m simulated altitude.

被験者 B；17、被験者 D；11、被験者 E；16、被験者 J；16であった。

良好なコンディションを維持することができたと示唆される。

## 7. 低圧低酸素環境下のランニング終了後における翌朝起床時のHFnuの変化

前述のランニング終了後における翌朝起床時のHFnuの変化を個人ごとに図1に示した。被験者Aは、低酸素負荷後；59.53%（低酸素負荷前；53.15%）、被験者Bが低酸素負荷後；63.96%（低酸素負荷前；50.43%）、被験者Dが低酸素負荷後；51.54%（低酸素負荷前；48.98%）、被験者Eが低酸素負荷後；51.54%（低酸素負荷前；60.50%）、被験者Jが低酸素負荷後；67.65%（低酸素負荷前；57.34%）をそれぞれに示した。本研究の結果、標高3000mに相当する低圧低酸素環境下での高強度の運動は、いずれの選手も低酸素負荷後の起床時HFnuの数値が高く、極端に低い値を示した選手はみられなかった。仮に、この値が大きく変化して、低い値を維持するようであれば、自律神経のバランスとして、交感神経活動優位の状態を意味することになる。これは、過剰な低酸素負荷によって生体にかかる負担度が大きく、睡眠の質や疲労の回復力が下がり、コンディションにも悪影響を及ぼすことが考えられる。低圧低酸素環境下のランニング終了後も各被験者で

## 8. 箱根駅伝の競技成績

箱根駅伝の競技成績は、往路について、1区の被験者A（1年生）は、全体的にスローペースなレース展開に上手く対応し、最後まで体力を温存し、残り1キロでスパートをかけた東洋大の選手に食らいつき、区間賞まで1秒差の2位で中継した（区間2位）。2区の被験者B（1年生）は、出雲駅伝でも区間賞を獲得している期待の1年生であり、この区間には各校のエースが起用されており、前を走る青山学院大、東洋大に果敢に攻めていくが中盤で大きく失速した。その後も大きく遅れをとり、3区中継時点では11位まで後退した（区間13位）。続く3区の被験者C（3年生）が区間17位、4区の被験者D（1年生）も区間12位と、落ち着いたレースを展開することが出来ず順位を落としてしまい、5区の被験者E（1年生）に襷を繋いだ時点では14位でした。被験者Eは全日本大学駅伝で区間賞を獲得した選手で上りにも十分に自信のある選手でした。しかし、前半ハイペースで突っ込んでしまった事が後半に影響し、失速し、区間13位となり、1つ順位を落とし往路は15位でゴールした。

復路、6区の被験者F（1年生）は、時差スタートの関係で、単独走となったが落ち着いてレースを進め、区間8位と堅実な走りをして、14位とのタイム差を大きく縮めた。7区の箱根駅伝の経験も豊富な被験者G（4年生）は、序盤から果敢に攻め、先行する拓殖大、創価大、日本大、上武大を抜き去り順位を4つ上げて11位で襷を繋いだ。被験者Gは、東海大学では6年ぶりとなる箱根駅伝の区間賞を獲得した。8区の被験者H（3年生）は、前を走る帝京大を抜き、シード権内となる10位まで順位を上げた（区間順位は5位と好走）。9区の被験者I（3年生）は、途中までは区間3位相当のペースでレースを進め、9位の駒沢大まで追いついたが、その後はしばらく並走を続けたが、最後は再び離され10位のままアンカーに中継した（区間5位）。アンカー、10区の被験者J（4年生）は、11月の全日本大学駅伝でもアンカーを務めた選手である。途中まで区間1位のペースでレースを進めると、前をいく駒澤大、法政大に追いつき8位集団を形成、しかし、終盤に失速し10位でゴールテープを切った（区間7位）。復路合計タイムの順位は4位で、復路3位の日体大とは6秒差、2位の東洋大とは10秒と、僅かな差であった。

今回の箱根駅伝では2区以降の悪い流れを変えられないまま、レースが進み往路15位と非常に苦しい展開となった。しかし、復路は全員が区間1桁順位、そして上級生の力走もありシード権を死守することができた。