

第12回世界選手権ベルリン大会の女子マラソンにおける 環境温度条件とパフォーマンス

梶原洋子¹⁾ 横倉三郎²⁾ 小野伸一郎³⁾ 石井好二郎⁴⁾ 米津光治¹⁾

1) 文教大学教育学部 2) 明星大学人文学部 3) 舞鶴工業高等専門学校

4) 同志社大学スポーツ健康科学部

Environmental temperature and women's marathon-running performance in 12th IAAF world championships in athletics

I. はじめに

1984年のロサンゼルス五輪以降、五輪や世界選手権などビッグタイトルは夏期の暑熱環境下で開催されることが多い。ロサンゼルス五輪および1995年の福岡ユニバーシアード女子マラソンにおいて、エリートランナーが熱中症に陥り、迷走状態を呈したのは周知の事実である。また、2007年に日本で開催された第11回世界選手権大阪大会では、高温・多湿の環境条件下であったため、男女マラソンにおいて熱中症や脱水等を原因とする途中棄権（男子33%、女子14%）は多く、優勝タイムは世界選手権大会史上最も遅いものであった。このように、夏期の暑熱環境下で行われる陸上競技のような屋外のスポーツ活動、とりわけ、マラソンのような持久性種目、かつ、ロード種目では気温、湿度、輻射熱などの気象環境の影響を受け、過度の深部体温上昇の場合には、生体負担度が大きくなり、パフォーマンス（競技成績等）は低下する。競技選手にとって、高パフォーマンスの発揮や良好なコンディションの保持において、気象環境は重要な要因であり、それらの情報収集は戦略上必要不可欠であると考えられる。

American College of Sports Medicine (1975, 1984) は暑熱環境下の温熱指標として WBGT (Wet-Bulb Globe Temperature: 湿球黒球温度) を基準とした長距離走の熱中症予防措置を示している。一方、IAAF (International Association of Athletics Federations: 国際陸連) も「Medical Manual for Athletic and Road Racing Competition A

Practical Guide」(1998) を発行し、American College of Sports Medicine の指針に準拠して、これらについて提示している。上述したように、環境条件の評価・検討には、温熱指標として WBGT による観測が重要視されているが、五輪や世界選手権のマラソンレースにおけるその詳細な報告はほとんどなされていない。重複するが、競技選手のパフォーマンスおよびコンディショニングに影響を及ぼす要因である気象環境に関する情報は、戦略を練る上で極めて重要である。しかしながら、これらに関する情報は不足しており、大会終了後においてもその報告はほとんどなされておらず、2009年の第12回世界選手権ベルリン大会 (12th IAAF World Championships in Athletics) においても同様である。したがって、どの程度の環境レベル（暑熱レベル）でマラソンレースが行われたのか？また、同マラソンレース、すなわち、同環境条件下におけるレースのパフォーマンスには競技レベルによる差違があるのか？については未解明である。

そこで本研究では、第12回世界選手権ベルリン大会における、気象環境および順位別の記録達成率等について分析・検討することにより、競技選手のパフォーマンス発揮やコンディショニングに関する戦略的な基礎資料を得ることを目的とした。

II. 研究方法

2009年8月15日～8月23日の期間に開催された、第12回世界選手権ベルリン大会（以降、「ベルリン世界陸上」とする）、女子マラソンを対象とした。

1. 環境温度の観測

測定時刻は8月23日女子マラソンスタート1時間前から競技終了までの時間帯の環境温度条件を観測した。図1はベルリン世界陸上のマラソンコースを示す。

環境温度の測定項目は下記のとおりである。American College of Sports Medicineの運動指針に示す環境温度の測定方法に準拠して、各測定項目を観測した。

測定項目はWBGT(湿球黒球温度), Ta(乾球温度), RH(相対湿度), Tg(黒球温度), Tr(道路表面温度:以降,「路面温度」とする)であった。測定装置は京都電子工業熱中症指標計(暑熱環境計:スポーツ用)WBGT-203Bを用いた。暑熱環境計は地上約120cmに設置あるいは手に保持し,15分以上経過後の測定値を読み取った。路面温度は横河電子機器PM series JIS C 6802(Distance D to Sport S size)を用いた。なお,路面温度は約10分間隔で,また,その他のWBGT等の項目は1分間隔で測定した。

2. 記録達成率, マラソン前半・後半タイムとその指数, ランニングスピード

記録達成率は,各競技者の自己ベスト記録に対する本大会の記録の割合(以降,「記録達成率」とする)から求めた。マラソンの前半・後半指数は,前半ハーフ

の記録に対する後半ハーフの記録の割合から求めた。5Km毎のランニングスピードは,各5Km(スタート~5Km, 5~10Km, 10~15Km, 15~20Km, 20~25Km, 25~30Km, 30~35Km, 35~40Km)と40Km~フィニッシュのスプリットタイムから1分当たりのランニングスピード(m/min)を求めた。いずれも公式発表の参加競技者リストおよび公式記録を用いた。また,同環境条件下におけるレースのパフォーマンスには競技レベルによる差があるのかを分析・検討するために,上記項目について,順位別6群間(1~10位, 11~20位, 21~30位, 31~40位, 41~50位, 51~60位)に類別し,比較した。

3. 統計処理

統計処理計算は,SPSS statistical package program (Version 16.0 for Window)を用いた。記録達成率,前半・後半タイム指数等の順位別比較には一元配置分散分析(one-way ANOVA)を用い,群間に有意差が認められた場合にはFisher's Modified least significant differenceを用いた。順位毎の前半ハーフタイムと後半ハーフタイムの比較はstudent's t testを用いた。なお,有意水準はいずれも $p < 0.05$ とした。

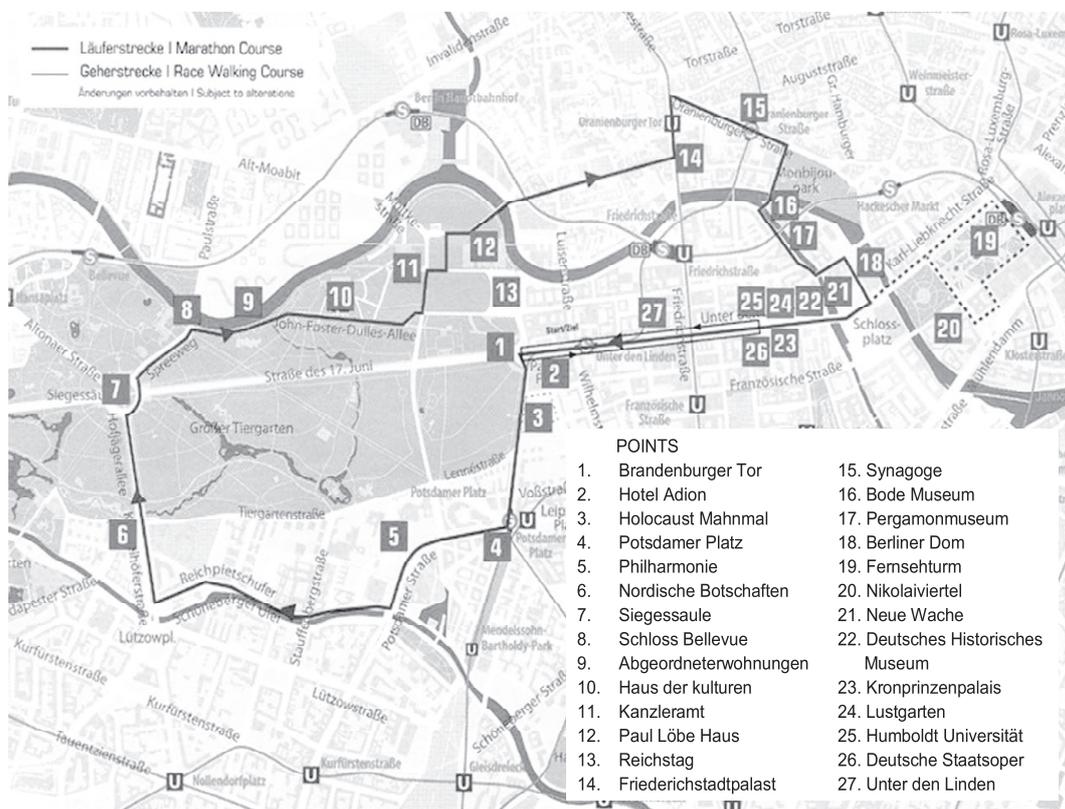


図1 マラソンコース (IAAF, 2009より引用)

Ⅲ. 結果と考察

1. 環境条件の実態

図2は女子マラソンレース前後のWBGT, Ta, RH, Tg, Trの経時的推移を示した。公式発表によれば、8月23日の女子マラソンスタート直前の気象状況は気温19℃、湿度64%で、競技終了時点の14時16分のそれは、23℃、41%であった。しかしながら、我々の観測によればスタート時には既にTa(気温)23.1℃、Tg 28.3℃、WBGT 18.7℃、RH(湿度)37.6%、Tr 33.4℃であった。また、公式発表の競技終了時点に最も近い時刻の我々の観測値は、それぞれ21.1℃、34.5%であった。公式発表によれば、レース当日の天候は快晴である。しかしながら、我々の現地での観測では曇天の薄日であったり、急に雲の間隙から直射が強くなったりなど、レース当日の天候にはかなりの変動が認められた。その反映として、図2から刻々と各種温度が変動している状況が見て取れるが、一般的には現地での環境温度条件は气象台や大会公式発表と比較して、高値である場合が多い。各種温熱指標を見ると、それらの最大値はレース終盤に観測され、Ta 30.3℃、Tg 42.7℃、WBGT 25.5℃、Tr 39.8℃であった(図2)。なお、レース中の平均値はTa 24.6 ± 1.82℃、Tg 32.7 ± 5.16℃、WBGT 20.4 ± 1.84℃、RH 36.6 ± 2.89%、Tr 35.7 ± 2.08℃であった。IAAFのロードレースのリスクチャートによれば、今回のWBGT 20.4 ± 1.84℃は「中等度」の暑熱レベルに該当する。すな

わち、ベルリン世界陸上女子マラソンのWBGTは石井(2009)が観測した2007年開催の大阪世界陸上のそれ(WBGT 26~30℃;「高い」~「極めて高い」の暑熱レベル)と比較すると、夏期大会のマラソンレースとしては良好な環境温度条件の中で実施されたと言える。なお、女子マラソンレースにおける途中棄権は16%で、大阪世界陸上の14%と同程度であった。

2. ランニングスピード、マラソン前半・後半タイムとその指数、記録達成率

図3は上位3位入賞者と日本代表選手および順位別の5Km毎のスプリットタイム(Running speed : m/min)を示したものである。

上位3名(1位 Xue Bai; CHN, 2位 尾崎好美; JPN, 3位 Aselefech Mergia; ETH)のスタートから40Kmまでの5Km毎のランニングスピードは281~293 m/minで推移したが、Xue選手は41Km以降にペースアップ(310m/min)し、追隨する尾崎選手(303m/min)とAselefech選手(298m/min)を引き離してフィニッシュしている。順位別のスプリットタイムから30Km以降のランニングスピードの維持能力、急激なスピードの切り替えとその対応等が勝敗に影響を及ぼしていることが窺えた(図3)。図4に示した前半ハーフタイムと後半ハーフタイム、前半・後半指数からも順位別による差が認められ、1~10位群のみ後半ハーフタイムが前半ハーフタイムよりも有意に速く、前半・後半指数は

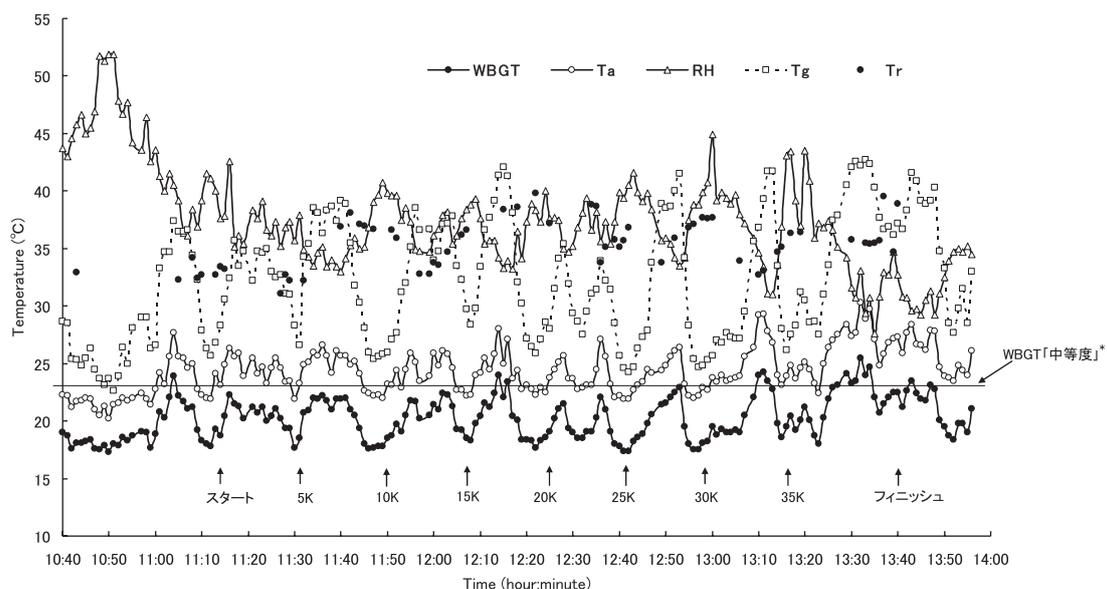


図2 マラソンの環境温度の推移

WBGT(湿球黒球温度)、Ta(乾球温度)、RH(相対湿度)、Tg(黒球温度)、Tr(路面温度) * : IAAFのロードレースのリスクチャート「中等度」の暑熱レベル

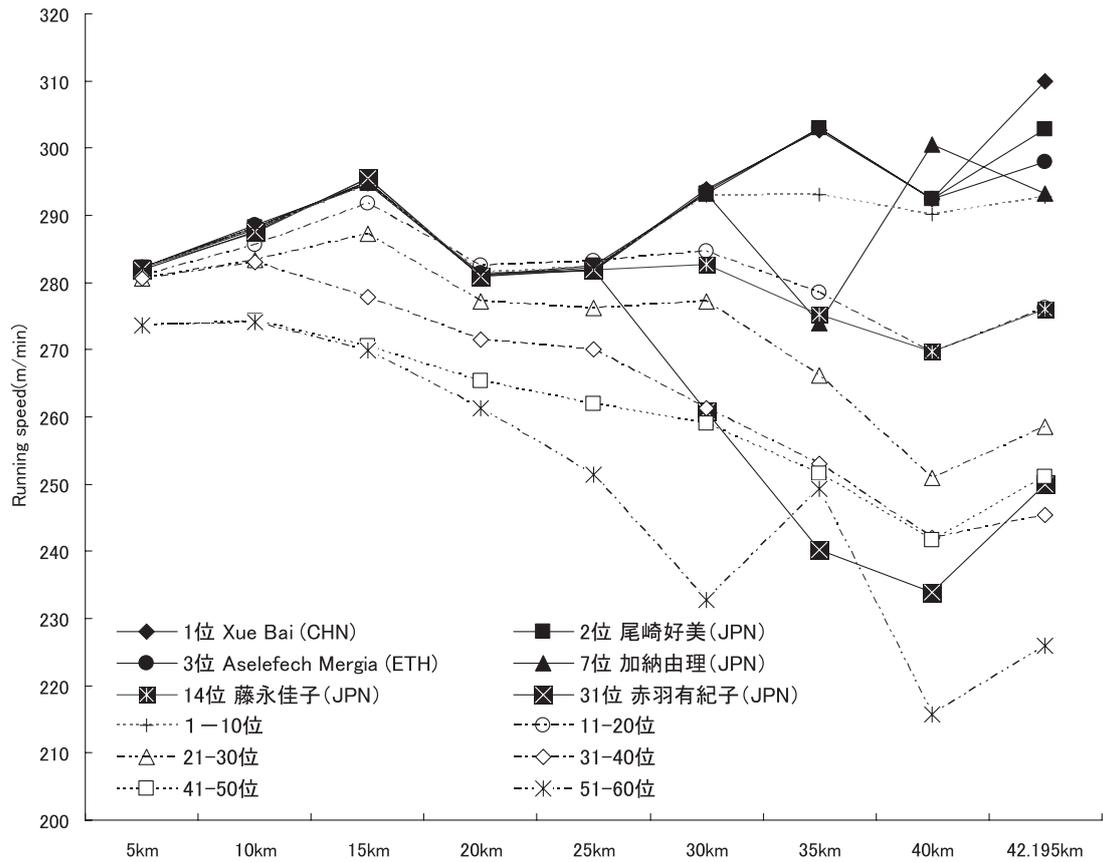


図3 順位別のスプリットタイム (Running speed : m/min)

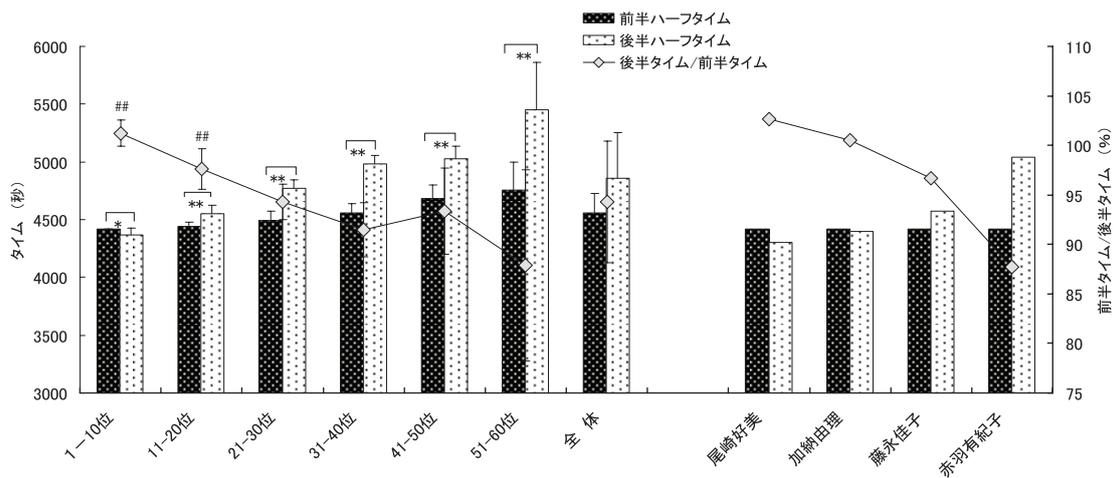


図4 順位別の前半・後半タイムの平均値および標準偏差

**; $p < 0.01$, *; $p < 0.05$ #; $p < 0.01$ 1-10位・11-20位 vs 各順位群

101.2%であった。これに対してその他の5群では、前半ハーフタイムに比べて後半ハーフタイムが有意に遅かった。また、前半・後半指数は1～10位群と11～20位群(97.6%)の2群間に有為差は認められなかったが、この2群に比べて21～30位群(94.3%)、31～40位群(91.5%)、41～50位群(93.3%)、51～60位群(87.9%)は有為に低値を示した。すなわち、上位の選手ほど前半・後半指数が高値であり、同一環境下における記録の低下は小さい。

図5は順位別の記録達成率の平均値を示したものである。全選手(n=60)の平均値は $96.1 \pm 4.1\%$ であったが、順位がよい群ほど記録達成率は有意に高値を示し、1～10位群 $98.6 \pm 1.0\%$ に対して51～60位群91.3%であった。日本代表のそれは尾崎選手98.7%、加納選手98.3%、藤永選手98.9%、赤羽選手92.4%で、赤羽選手を除く3選手は健闘した結果と言えよう。赤羽選手の後半レース中の急激なランニングスピードの低下は、本人(談話)によれば「脱水症状に陥った」とのこと、所謂、暑さ対策の失敗が原因と考えられる。全選手60名中8名(13.3%)は自己ベスト記録を更新し、記録達成率の範囲は100～104.9%であった。

前述したように、全選手の記録達成率の平均値は96%である。換言するならば、全選手の記録低下率は4%である。

MATTHEW R. ELYら(2007)は、WBGTを指標にマラソンパフォーマンスとの関係を検討しているが、ベルリン世界陸上(WBGT $20.4 \pm 1.84^{\circ}\text{C}$)と同程度のWBGTの環境温度の場合には記録低下率は5～6%

とし、パフォーマンスの高い選手ほどその低下率の小さいことを報告している。今回結果の記録低下率は前述のように4%程度であること、また、パフォーマンスの高い選手ほどその値は低値であること、これはMATTHEW R. ELYらの報告を支持するものであった。なお、梶原ら(2001)は既に、2000年開催のシドニー五輪女子マラソン選手45名(WBGT $21.5 \pm 2.0^{\circ}\text{C}$)を対象に調査し、記録低下率は3～4%であること、またパフォーマンスの高い選手ほどその値が低値であることなどを報告している。MATTHEW R. ELYらの報告に比較して、低下率は1%程度の低値である。これは誤差範囲であるかも知れない。しかしながら、マラソンのパフォーマンスには気象状況のほか、マラソンコース、競技会の規模・意義、ペースメーカーの有無、男女混合レース、参加選手の競技レベルなど様々な要因が関与すると考えられる。因みに、ベルリンのマラソンコースは周回コース(図1)で起伏のないフラットなコースである。また、記録の出るコースとして知られており、野口みずき選手(2時間19分12秒:2005年)、渋井陽子選手(2時間19分41秒:2004年)、高橋尚子選手(2時間19分49秒:2001年)の3選手はいずれもこのレース(男女混合レース)で日本最高記録を更新している。今後もこの問題点については追究していきたい。

IV. まとめ

本研究は、第12回世界選手権ベルリン大会における、環境温度条件および順位別の記録達成率等に

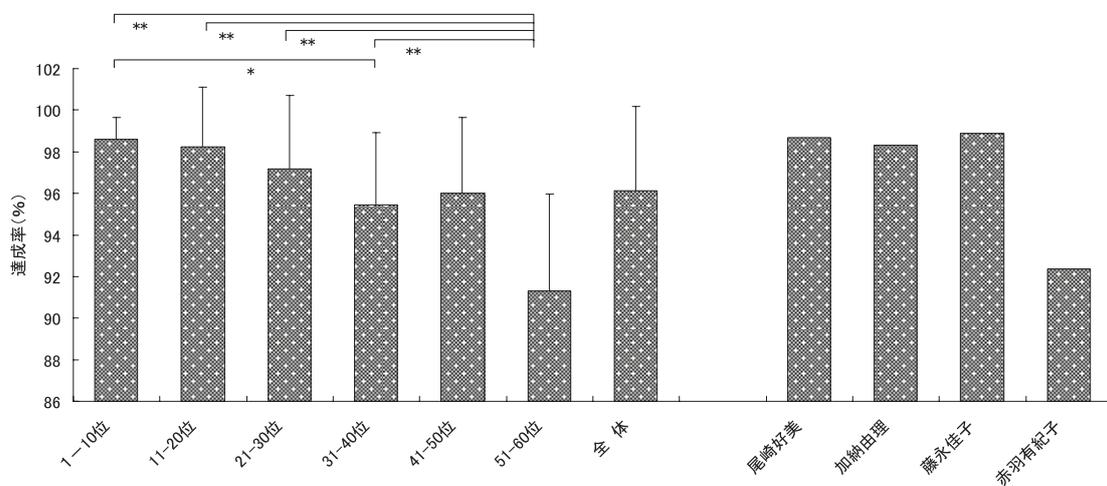


図5 順位別の記録達成率の平均値および標準偏差

**; $p < 0.01$, *; $p < 0.05$

ついて分析・検討することにより、競技選手のパフォーマンス発揮やコンディショニングに関する戦略的な基礎資料を得ることを目的とした。

今回の研究結果から得られた知見をまとめると、以下のとおりであった。

1. 環境温度条件の実態

女子マラソンのレース中の各観測値の平均値は次のとおりであった。乾球温度（気温）24.6℃，相対湿度（湿度）36.6%，黒球温度 32.7℃，路面温度 35.7℃，WBGT 20.4℃で，大会公式発表と比べて高値を示した。また，IAAF の WBGT を指標とする暑熱レベルは「中等度」に該当し，2007 年の大阪世界陸上に比較し，夏期大会のマラソンレースとしては良好な環境温度条件であった。

2. 競技選手のパフォーマンス発揮

女子マラソンランナーのパフォーマンスとして，5Km 毎のランニングスピードや記録達成率および記録低下率等の検討から，順位のよい選手ほど，ランニングスピードの低下が少なく，その維持能力が高く，前半・後半タイム指数が高値であった。記録達成率も同様に順位のよい選手ほど有意に高値を示した。

2009 年開催のベルリン世界陸上において，日本代表選手 1 名の直前の大会不参加および出場選手における暑さ対策の失敗事例（1 例）がみられたことから，今後の世界陸上など夏期に開催される大会において勝つ抜くためには，コンディショニングおよび暑さ対策が重要であり，本研究結果は選手およびコーチなど指導者にとって戦略を練る上での有益な情報となるものと思われる。今後も環境温度条件とパフォーマンスについては極めて興味・関心のある問題点であり，継続して追究していきたい。

参考文献

American college of Sports Medicine (1975).
Prevention of heat injuries during distance running. Med. And Sci. in Sports, 7 (1), vii-viii.
American college of Sports Medicine (1984).
Prevention of thermal injuries during distance running. Med. And Sci. in Sports and Exercise, 16 (5), 427-443.
IAAF COUNCI; (1998). Medical MANUAL for Athletics and Road Racing

Competitions, A Practical Guide, Monaco, 39-75.

IAAF(2009):Program, Official, 12thIAAF world Championships in Athletics Berlin 2009(2009), 86-88

石井好二郎 (2009). 北京オリンピック男子マラソンレース時の暑熱環境の分析. 陸上競技研究紀要, 5 : 86-88.

梶原洋子ら (2001). シドニー五輪における長距離・マラソンの環境温度条件の実態. 陸上競技紀要, 14 : 14-28.

MATTHEW R. ELY, SAMUEL N. CHEUVRONT, WILLIAMO ROBERTS, and SCOTT J. MONTAIN(2007) Impact of Weather on Marathon-Running Performance Med. Sci. Sports Exerc vol.39, No.3, 487-493