

ゴム製防火靴の活動効率を上げるサポートギア

大垣消防組合消防本部（岐阜県） 水谷 佑典

1 現状と問題

ゴム製防火靴【写真1】は非常に重要な個人保護装備であり、災害時や業務で使用する隊員も多い。ゴム製防火靴選びにおいて重要な点は、踵のフィッティングである。活動中は常に踵の上下の動きが繰り返されるため、底背屈動作において、ゴム製防火靴に踵を追従させなければならない。（前足部を床につけ、踵が上がった状態を底屈【写真2】、踵を床につけてつま先が上がった状態を背屈【写真3】と呼ぶ。）

使用しているゴム製防火靴の踵がフィットしていない隊員は、厚手の靴下、中敷き、ヒールカップ等を使用して、個人で履きやすいように工夫を凝らしているが、思うような効果を得られておらず、踵とゴム製防火靴の踵部分が離れ、靴底の踵部分のゴム減りが著しい。そのため、靴底の踵部分の引きずりを気にして通常より足を高く上げて歩くことにより、疲労を感じやすくなる。また、ゴム製防火靴は安全性能に優れているがため他の靴より重く、フィットしていないことで、重量感にさらに拍車をかけ、足場の悪い場所での足のひねりや転倒を防ごうと、足裏に力を入れて安定を図ろうとするため、膝までの負担がかかる。

2 開発

防火靴には、革製防火靴【写真4】とゴム製防火靴が存在するが、運動靴【写真5】のようなフィット感はない。土砂災害等では、長時間の活動も懸念されるため、活動終了後、簡単に汚れを落として次の活動に備えるためにも、メンテナンスが簡単なゴム製防火靴に取り付け可能で、フィット性能が上がる器具を開発しようと試みた。

(1) 開発まで

靴ひもをしっかりと締め上げ【写真6】、装着脱着が容易にできること、ジッパー操作【写真7】のみでフィット性能を高めながら装着脱着でき、活

動する際にゴム製防火靴と踵が離れないようにできることに重点を置いた。ゴム製防火靴を履いた状態で底屈動作をすると、舟状骨付近と踝から脛脛にかけて空間【写真8】ができるが、その空間がポイントであった。

さらに、開発のヒントとなったのは、米国の革製防火靴で、踝とアキレス腱の付近にクッションのような素材があり、それが踵のフィット性能を高めていた。【写真9、10】これらをヒントに、ダイソーのEVAマット（エチレン-酢酸ビニル共重合樹脂）4mm（以下「EVAマット」という。【写真11】）を加工したEVAマットと、セリアの肘用M炭サポーター（以下「サポーター」という。【写真12】）を材料とし、作成した。完成した本開発品（以下「サポートギア」という。【写真13】）を足に装着した状態でゴム製防火靴を履くことで、底屈動作により踵をゴム製防火靴の踵に追従させることが可能となり、活動効率を上げることに成功した。

(2) 開発ポイント

迅速にゴム製防火靴が装着できることに重点を置いた。EVAマットを踝付近に設置できるようにサポーターを折り曲げて、その中にEVAマットを入れ込み、金天馬カラーゴム幅20mm（以下「ゴムバンド」という。【写真14】）を縫い付けた。サポートギアが動かないようにするために、端が開いているサポーターと伸縮性と耐久性のあるゴムバンドを伸縮性のある糸で縫い付けるが、縫い付ける位置は、サポーターが踝の下にあることが重要である。【写真15】EVAマット形状については、踝の外果と踝の内果は高さや位置【写真16】が異なり、底背屈動作においてストレスがかからないように外果用EVAマット【写真17】と内果用EVAマット【写真18】を作成し、前方は踝にかかる程度、中央は踝の上部、後方は踝とアキレス腱の窪みまでの大きさとした。（左右踝付近のEVAマット型（別紙）を使用すると簡単に作成が可能である。）

重いゴム製防火靴において、開発品の素材の軽量性は重要な要素である。そこで比重が小さく扱いやすいこと、容易に切断・加工ができること、足にかかる負担を軽減するため、中敷きと同素材である点を考慮してEVAマットを採用した。また、肌に接すると、発汗しやすいため、程良い締め付けと安定性を生み出すよう、サポーター内に取り付けて使用することとした。

サポートギアは、内部がフラットな編み上げ安全靴【写真 1 9】や内部がフラットな革製防火靴【写真 4】にも応用可能で、運動靴【写真 5】や救急短靴と併用でき常時装着も可能である。

3 作成方法

- (1) 別紙の外果用 E V A マットと内果用 E V A マットの型を印刷する。
- (2) 印刷した型をハサミで切り取り、E V A マットに映す。【写真 2 0】
- (3) 映した E V A マットをハサミで切り取る。【写真 2 1】
- (4) サポーターを折り曲げ、その中に E V A マットを入れる。【写真 2 2】
- (5) サポートギアの中心にゴムバンドを取り付けるために、メジャーで長さを測定する。【写真 2 3】
- (6) 縫いしろを左右 2 cm 考慮し、必要とする長さの 7 割～8 割のゴムバンドを用意する。
- (7) 端が開いているサポーターの内側にゴムバンドを縫い付け、中の E V A パットが動かないように、切り欠き部分の内側も縫う。【写真 2 4】

4 検証や実証

- (1) 隊員によるさまざまな環境化での検証（検証結果表）

測定方法は、実施者である、靴ひもをしっかりと締めつけてゴム製防火靴を履いた隊員 1 6 名に、スタートライン（ゴールライン）と折り返しラインを事前に説明し、複数の隊員で目視にて確認できる状態で行った。スタートラインから足が離れたら測定を開始し、検証距離を歩いてゴールラインに足が踏み入れたら測定を終了とした。実施方法は、訓練ごとに各 1 回のみ測定し、同じ感覚で歩き方を意識させ、サポートギアなし、サポートギアありで行い、測定方法はランダムに行った。

ア 1 0 0 m 坂道往復競歩訓練【写真 2 5】

サポートギアの使用より、踵が追従することで上りでは歩きやすく、靴底の踵部分の引きずりを気にしなくて良い。下りでは推進力が増して足裏に力を入れなくても安定して前に進めた。また、歩幅が普段より広がり進むことができたとの意見があった。測定タイムでは、全体の約 9

3%の隊員が、サポートギアありの方が速かったという結果が出た。

イ 階段258段登り下り訓練【写真26】

サポートギアの使用により、登りでは踵が追従され足が軽く上がり、普段より脚を上げなくても階段が登れた。また、特に階段の下りでは、踵が追従され着地時の不安定差がなくなり、安定して下りることができたと意見があった。測定タイムでは、全体の約80%の隊員が、サポートギアありの方が速かったという結果が出た。

ウ 100mぬかるみ往復競歩訓練【写真27】

サポートギアの使用により、ぬかるみで足を取られても、踵が追従しているため、力を伝え易く、ぬかるみから脱出しやすかった。また、ゴム製防火靴と踵がフィットしているため、転倒予防や捻挫予防に有効との意見であった。測定タイムでは、全体の約87%の隊員が、サポートギアありの方が速かったという結果が出た。しかし、ゴム製防火靴に泥がへばり付くという問題点が新たに浮上した。

エ 参加隊員へのアンケート調査（アンケート表）

検証訓練に参加した隊員16名に、各訓練終了後サポートギアのアンケート調査を実施した。多くの隊員が、踵とゴム製防火靴の踵部分がフィットしておらず、靴づれを起こすなど、長期の活動がきついと感じてはいたが、ゴム製防火靴においては、それが当たり前だと思っており、特別な対策をしている隊員がいなかった。だが、今回の検証を通じて全隊員が、サポートギアがあれば、長期にわたる救助活動の際、疲労が軽減すると思われるため、今後もサポートギアを使用したいと答えた。

(2) 泥での検証

サポートギアを装着して、ゴム製防火靴にタイヤワックス、シリコンスプレー、防水スプレーを約1分間散布した状態で、粒子の細かい土に水を混ぜた桶に入れて泥のへばり状況の検証をした。【写真28】どれもゴム製防火靴を泥から抜いた時に、足の甲に泥はへばりつくが、シリコンスプレーを使用したゴム製防火靴の両側面、背面には泥がへばりつかないことが判明し、更に30秒間と1分間シリコンスプレーを散布の比較を行った。結果、サポートギアと1分間ゴム製防火靴にシリコンスプレーを散布する

ことで、フィット性能も向上し、泥のへばり付きも改善した。【写真 2 9、3 0、3 1】なお、シリコンスプレーは、散布後は拭き取り不要で、ゴムの劣化を防止する無溶剤タイプを使用し、石油系溶剤タイプは逆にゴムの劣化を招くため、使用してはならない。また、足裏にシリコンスプレーを散布すると、転倒するリスクがあるため決して足裏には散布してはいけない。

(3) 耐久性の検証

ゴム製防火靴は通気性が悪く、足に汗をかきやすいため、サポートギア使用後には洗濯を行い、清潔にしなければならない。サポートギアの耐久性を検証するため、サポートギアをネットに入れ、30回の洗濯を実施した。1回、10回、20回、30回洗濯したものを比較したが、サポーターのほつれやゴムバンドの伸びは見受けられなかった。結果、耐久性に関して問題はないと考察される。【写真 3 2】

(4) 火災現場や火災原因調査にて

サポートギアを火災防ぎょ訓練で使用後、実際に火災現場でも使用した。機関員はペダル操作がしやすく、隊員【写真 3 3】は普段よりゴム製防火靴にストレスを感じず、活動することができ、火災原因調査で使用した際には、踵のフィット感が良くなり、足元の悪い環境での使用時に転倒防止や捻挫予防、冬場は足の保温に効果があるとの意見であった。

5 サポートギアの効果と特徴

しっかりと試着して選んだゴム製防火靴の踵がフィットしない隊員は、装着・脱着方法が容易に行えるこのサポートギアを使用することで、底屈動作においてゴム製防火靴に踵を追従させることができ、踵にゴム製防火靴が吸い付く感覚や効果を得ることが可能になる。また、サポートギアは個人で好みのEVAパットサイズに調整をすることも可能で、安価で誰にでも簡単に作成することができる。さらにゴム製防火靴にシリコンスプレーを片足1分間散布すると、土砂災害等での活動障害の解決につながる。【写真 3 4】

参考文献

(株) アシックス スポーツ工学研究所編著 (2013) 「おもしろサイエンス 足と靴の科学」、日刊工業新聞.

表 1 仕様

サポートギアとシリコンスプレー	個数	金額
EVAマット（30cm×30cm、厚さ4mm）	1枚	100円
ゴムバンド（幅20mm、長さ12～18cm）	2本	87円
サポーター（肘用）	2個	200円
糸（伸縮性のある糸）	1個	100円
シリコンスプレー	1本	200円

表 2 ゴム製防火靴とサポートギアの活動検証（検証結果表）

ゴム製防火靴	サポートギアなし			サポートギアあり		
検証内容	100m 坂道往 復競歩 訓練	階段 258段 登り下 り訓練	100mぬ かるみ 往復競 歩訓練	100m 坂往復 競歩 訓練	階段 258段 登り下 り訓練	100mぬ かるみ 往復競 歩訓練
平均タイム	2分25秒	5分36秒	2分43秒	2分17秒	5分27秒	2分36秒
1回目実施者	7人	8人	10人	9人	7人	6人
2回目実施者	9人	7人	6人	7人	8人	10人
速いタイム人数	1/16人	3/15人	2/16人	15/16人	12/15人	14/16人
速い割合比較結果	約7%	約20%	約13%	約93%	約80%	約87%

※ 1人、階段258段登り下り訓練未実施。

表 3 左右踝付近のEVAマット型

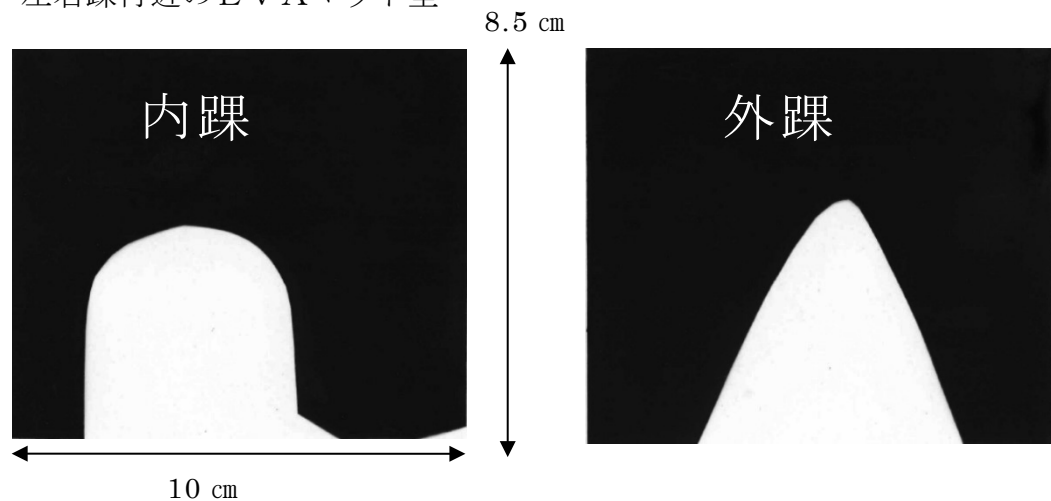


表4 アンケート調査

ゴム製防火靴の活動効率を上げるサポートギアについて

アンケート対象者16人・性別男・年齢20歳～36歳・消防歴1年～12年

- 1 ゴム製防火靴を使用して活動を行う場合、踵がゴム製防火靴の踵付近に追従しますか？
はい（0人）・いいえ（15人）・どちらともいえない（1人）
- 2 サポートギアを使用して従来通りにゴム製防火靴を装着することは可能ですか？
はい（16人）・いいえ（0人）・どちらともいえない（0人）
- 3 サポートギアを使用して従来通りにゴム製防火靴を離脱することは可能ですか？
はい（16人）・いいえ（0人）・どちらともいえない（0人）
- 4 サポートギアを使用してフィット性能は安定し、踵がゴム製防火靴の踵付近に追従しますか？
はい（16人）・いいえ（0人）・どちらともいえない（0人）
- 5 サポートギアを常に装着して足に痛みを感じますか？
はい（0人）・いいえ（16人）・どちらともいえない（0人）
- 6 サポートギアを使用してゴム製防火靴の重さが軽減されましたか？
はい（14人）・いいえ（0人）・どちらともいえない（2人）
- 7 今後もサポートギアを使用したいですか？
はい（16人）・いいえ（0人）・どちらともいえない（0人）

写真



写真1 ゴム製防火靴



写真2 踵が上がった状態を底屈



写真3 つま先が上がった状態を背屈



写真4 革製防火靴



写真5 運動靴



写真6 締め上げた靴ひも



写真7 ジッパー操作



写真8 踝付近の空間



写真9 クッションがある防火靴



写真10 中の様子



写真 1 1 E V Aマット



写真 1 2 肘用 M 炭サポーター



写真 1 3 サポートギア



写真 1 4 ゴムバンド



写真 1 5 サポーターの位置

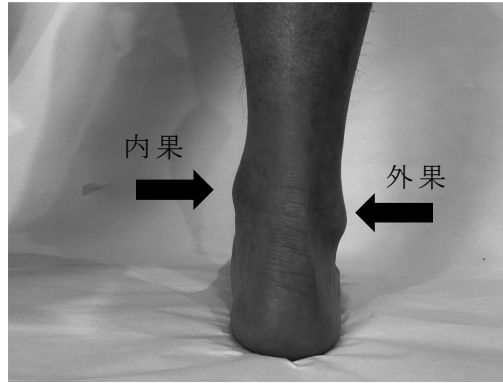


写真 1 6 踵の外果と内果

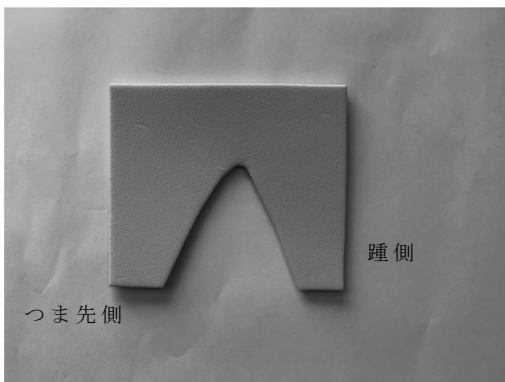


写真 1 7 外果 E V Aマット

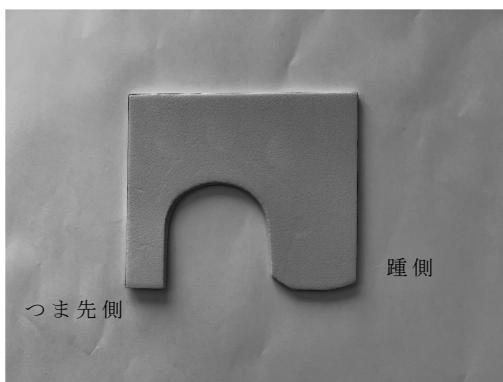


写真 1 8 内果用 E V Aマット



写真 1 9 編み上げ安全靴

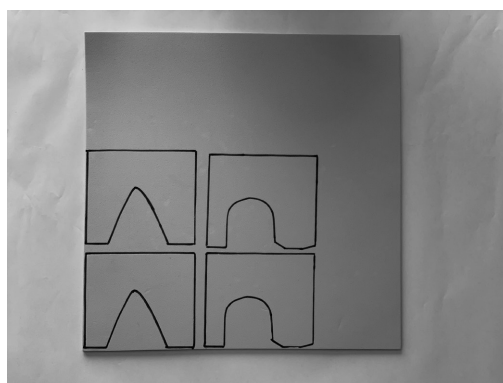


写真 2 0 E V Aマットに映す

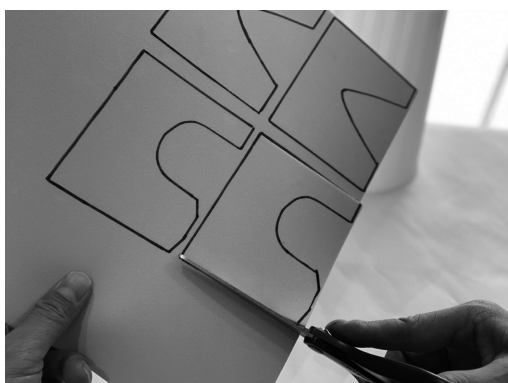


写真 2 1 E V Aマットを切る



写真 2 2 E V Aマットを入れる



写真 2 3 バンドの長さを決める



写真 2 4 ゴムバンドを縫う



写真 2 5 坂道での訓練の様子



写真 2 6 階段での訓練の様子



写真 2 7 むかるみでの訓練の様子



写真 2 8 桶に足を入れた様子



スプレー スプレー スプレー スプレー
なし 1 分間 散布 なし 3 0 秒間 散布

写真 2 9 取り出し後の様子



スプレー スプレー スプレー スプレー
なし 1 分間 散布 なし 3 0 秒間 散布

写真 3 0 6 時間後の様子



スプレー スプレー スプレー スプレー
なし 1 分間 散布 なし 3 0 秒間 散布

写真 3 1 水につけた後の様子

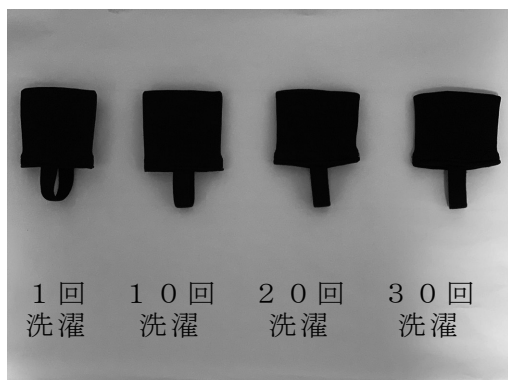


写真 3 2 洗濯したサポートギア



写真 3 3 活動時のイメージ



写真 3 4 装着のイメージ