

指揮隊員用防火手袋の開発について

姫路市消防局（兵庫県） 塚原 昌尚
杉本 将一
藤原 嘉彦

1 現状

防火手袋に求められる主な性能は、耐炎・耐熱性能、機械的強度性能、防水性能、耐化学薬品性能、快適性能や運動性能があり、これらは消防隊員が安全に消火活動を行うための必要な性能となっている。消防隊員の手背・手掌部分の安全性を高めるためには、手袋の生地を厚くすることにより耐炎・耐熱等の性能を上げることができるが、その反面手指の動きが制限され、グリップ力が下がり操作性能・運動性能が損なわれる。逆に、グリップ力や操作性能・運動性能を高めるためには、手袋の生地を薄くすればよいが耐炎・耐熱性能等が損なわれる。従って、防火手袋の性能は、外的要因である炎・熱・水の遮断性・強度と、滑り止め等のグリップ力や操作性能・運動性能の確保とのバランスが最も重要であるといえる。

2 課題

指揮活動を行う指揮隊員は、建物火災へ屋内進入を伴う活動は行わず、火災現場の状況に応じたさまざまな情報を収集、記録、整理、それら情報に基づいた指揮を行い隊員の安全管理を担っている。近年、全国的に多くの消防本部の指揮隊等が、情報収集の新たな方法としてドローンやパソコン、タブレット型端末機器等のモバイル機器を含む情報収集用機器を導入している状況から、それら機器の操作性を有した指揮隊の活動に適合する防火手袋（以下「指揮隊員用防火手袋」という。）の仕様について検討を進める。本仕様を検討するためには、当消防本部で現在採用している消防隊員用防火手袋を指揮隊員が着装し、指揮活動についての課題を抽出する必要がある。

当消防本部では、指揮隊に次の情報収集用機器を導入している。

- (1) 情報収集用ノートパソコン（指揮隊車内でW i - F i 環境構築）
- (2) 新たに屋外で隊員の位置情報を管理するシステムを構築し、その機材である消防無線機（G P S 信号を送受信できる全隊員用の4 0 0 MHz 帯署活系無線機）及び位置表示用ノートパソコン
- (3) ドローン（タブレット型端末機器で操作）
- (4) 消防指令システムの情報伝達装置であるタブレット型端末機
- (5) 消防指令システムの画像伝送装置
- (6) ヘリテレ画像受信装置

指揮隊員が、これら情報収集用機器を操作するためには、つまみやスイッチ、タブレット型端末機器の画面を操作することとなるが、消防隊員用防火手袋を着装した状態では、操作が困難であることや収集した情報を指揮卓上の記録紙にペンで記載する場合も記載が困難であることから必然的に防火手袋を脱いで活動することとなる。

過去の工場火災で指揮の支援を担当する隊員が防火手袋を脱ぎ素手で情報収集中、飛散した燃焼中の危険物を両手に浴びて重度の熱傷を負った。その苦い経験から災害現場で隊員が素手になることは避けなければならないが、情報収集用機器の操作には防火手袋を脱がなければならないという課題がある。この課題を解決するためには、指揮隊員が防火手袋を脱ぐことなく容易にモバイル機器の操作や記録紙への記載ができる指揮隊員用防火手袋が必要となる。

3 検証

前述の課題を解決するため、指揮隊員が現在採用している消防隊員用防火手袋を着装して、情報収集機器等を使用した場合の操作性について検証した。検証結果は、各種機器の操作性は、相対的に悪く、画面に素手で指先が触れて操作するタブレット型端末機器やノートパソコンは、操作不可の結果となった。そこで、当消防本部が囑託している学識経験者（電気専攻教授）にモバイル機器の画面を指先で操作できる仕組みについて確認したところ「モバイル機器の

画面下には、一定間隔にコンデンサが設けられて、画面に指先が触れるとその直下のコンデンサから指先へと電荷が移動する。この電荷の移動を感知するセンサーも併設されており、電荷の移動をセンサーが感知して、指定の操作を実施させる。また、電荷を移動させることができる素材とは、導電性の素材である。」と説明を受け、「静電容量方式」であることが分かった。この「静電容量方式」の他には、画面を指先で押すことにより、画面の位置を電圧変化の測定によって検知する「抵抗膜方式」があり、当消防本部が採用している消防指令システムの車両運用端末装置、Automatic Vehicle Monitoring（通称「車両AVM」）の画面操作が該当する。指揮隊員が、防火手袋を脱ぐことなく、モバイル機器等を操作するためには、「静電容量方式」で操作できる導電性の性能を有した指揮隊員用防火手袋の開発が必要であり、その素材については、防火手袋であることから一定以上の強度、耐炎・耐熱性能を保持させなければならない。

4 共同開発

指揮隊員用防火手袋の性能については、前述の「2 課題」に記載のとおり、指揮隊員が防火手袋を脱ぐことなく容易にモバイル機器等の操作や記録紙への記載ができるものであること。また、「3 検証」に記載のとおり、「静電容量方式」による導電性を有し、一定以上の強度、耐炎・耐熱性能を有した新素材を開発し、その新素材を防火手袋の一部に使用したものが必要である。そこで、防火手袋の製造メーカーと共同で必要な性能を有した指揮隊員用防火手袋の開発を目指すこととした。製造メーカーは素材開発、生地加工、デザイン、試作品の製作を担当、当消防本部は隊員による試作品の着装モニターを担当することとし取り組んだ。

5 素材の開発

導電性の素材の開発について、製造メーカーは得意とする皮革加

工技術に試行錯誤を重ねて防火手袋の素材である皮革に特殊加工を施すことにより一定以上の強度、耐炎・耐熱性能を有した導電性の新素材牛本革を開発した。

この新素材牛本革を、防火手袋の指先に使用した試作品を製作し、指揮隊員が指揮活動で装着モニターを実施して、素材の選択、厚み、新素材牛本革のレイアウト等の改良を加えて、試作品No. 1 からNo. 4 まで、4 つの試作品を製作し、検証と改良を繰り返して完成に至った。完成までの主な改良点について記載する。

- (1) 導電性の新素材牛本革を指先（親指・人差し指・中指）に採用し、指先でモバイル機器が操作できるようにした。さらに指先が汚損した場合を想定し、手背部（人差し指、中指の第二関節部）に幅広く新素材牛本革を採用し、第二関節部でもモバイル機器が操作できるようにした。
- (2) 手背部にアラミド繊維生地を採用し、防火性・強度を高めた。
- (3) 手掌部にアラミド繊維生地と滑り止め加工の人工皮革を採用し、防火性強度、フィット感、グリップ力を高めた。
- (4) 腕時計での時間確認が容易にできるように手首を若干短くした。
- (5) 指部分の長さをジャストフィットさせ、フィット感、グリップ力を高めた。
- (6) 導電性の糸を新たに採用し、新素材牛本革部分でモバイル機器画面に最も接触する箇所に補強的に縫い込み導電性の強化を図った。

ここで、新素材牛本革を使用した指先部の導電性を確認するため、試作品No. 3 の新素材牛本革部をテストで測定したところ、 $18.99\ \Omega$ の測定値が示され導電性が確認できた。また、比較として現採用品の消防隊員用防火手袋の指先部（牛皮革）を測定したがOL（オーバー）が表示され、導電性は確認できなかった。さらに、導電性の糸は、アラミド繊維の糸と導電性の糸との交撚糸で、同糸の導電性を確認するため、テストで測定したところ $18.34\ \Omega$ の測定値が示され導電性が確認できた。

6 開発品（完成品）の検証

指揮隊員が、開発品（完成品）を着装して、情報収集機器等を使用した場合の操作性について検証した。検証結果では、グリップ力にウエイトを置いて製作した完成品を着装しての各種機器の操作性はすべて良好であった。モバイル機器では、指先での画面操作も良好であった。また、災害現場で手袋の指先が汚損する場合を想定して他の箇所で作動できるように指の第二関節部（人差し指、中指）に導電性の新素材牛本革を採用し、同第二関節部でモバイル画面の画面に触れてみると指先と同様に操作性は良好であったことから、今後、さまざまな場面での使用が期待できる。さらに新素材牛本革部に導電性の糸を補強的に縫い込むことで、新素材牛本革の経年使用での表面摩耗による導電性劣化への対策を図り、導電性の耐用度を向上させた。開発の途中でさまざまなデメリットが確認されたが、その都度、改良を行い最終的に指揮隊員がモバイル機器を含めた情報収集用機器の操作が容易にできる指揮隊用防火手袋が完成に至った。

指揮隊員が防火手袋を脱ぐことなく容易にモバイル機器等の操作や記録紙への記載ができる指揮隊員用防火手袋を開発することで、隊員の安全が確保されることとなり、従前からの課題が解決される。

7 開発による効果

今回開発した指揮隊員用防火手袋は、導電性を有することから、火災現場において感電の危険性が懸念されるため、あくまで指揮隊員が情報収集等の指揮活動のみの使用に限定することが重要で、指揮隊員が現場の状況に応じて消火活動を実施する場合を考慮して、ガイドラインに準拠した消防隊員用防火手袋を常に携帯した上で指揮隊員用防火手袋を使用することとしたい。

効果については、指揮隊員が指揮隊員用防火手袋を着装することで、受熱や転倒などの事故から隊員の安全が確保されるとともにストレスなくモバイル機器等の操作や収集した情報を記録紙に記載す

ることができるようになり、効果的な消防活動の実施が期待できる。
将来、全国の消防本部で採用され、隊員の安全管理向上につながる
ことを切に願う。

表 1 現採用品での検証結果

各種情報収集機器等	操作性（○・△・×で表記）
① 記録紙への記載	× 記載困難
② タブレット型端末機器（指先で操作対応画面、ドローン操作用も含む）	× 操作不可（静電容量方式）
③ ノートパソコン（指先での操作対応画面）	× 操作不可（静電容量方式）
④ 車両運用端末装置・Automatic Vehicle Monitoring（通称「車両 AVM」）	○ 操作可能（抵抗膜方式）
⑤ 車両カーナビゲーション	× 操作不可（静電容量方式）
⑥ 画像伝送装置	△ 操作やや困難
⑦ ヘリテレ受信機	△ 操作やや困難
⑧ 無線機	△ 操作やや困難



写真 1 現採用品

表 2 現採用品について

仕 様	手背部	アラミド繊維生地
	手掌部	アラミド繊維生地＋天然皮革
	指先部	アラミド繊維生地＋天然皮革
メリット	手背部・手掌部：耐炎・耐熱性能、耐摩耗性、耐切創性が高い	
デメリット	モバイル機器等の操作や記録紙への記載が困難	

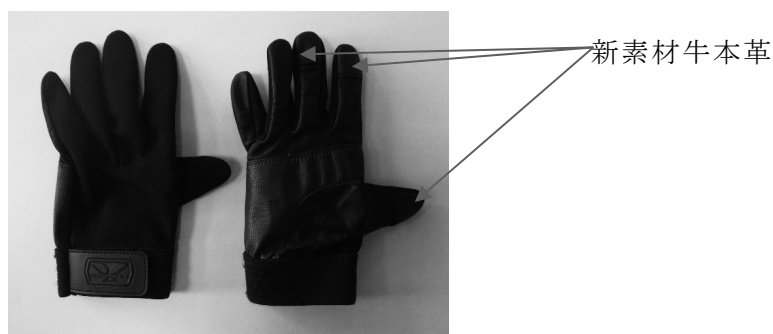


写真 2 試作品No. 1

表 3 試作品No. 1 について

仕 様	手背部	ポリエステルニット生地
	手掌部	牛本革
		補強材：滑り止め人工皮革
	指先部	新素材牛本革（親指・人差し指・中指）
メリット	手背部・手掌部：フィット感、グリップ力が高くモバイル機器等の操作や記録紙への記載が容易	
デメリット	耐炎・耐熱性能、強度が低い	

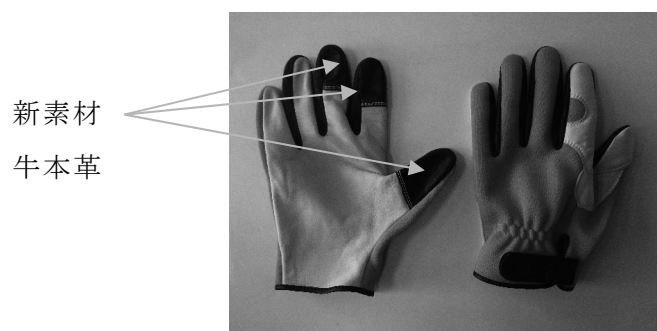


写真 3 試作品No. 2

表 4 試作品No. 2 について

仕 様	手背部	アラミド繊維生地
		補強材：牛本革（人差し指）
	手掌部	牛本革
	指先部	新素材牛本革（親指・人差し指・中指）
メリット	手背部・手掌部：耐炎・耐熱性能、耐摩耗性、耐切創性が高い	
デメリット	・フィット感、グリップ力が低くモバイル機器等の操作や記録紙への記載がやや困難 ・指先部の汚損でモバイル機器の操作困難が懸念される	



写真 4 試作品No. 3

表 5 試作品No. 3 について

仕 様	手背部	アラミド繊維生地
		新素材牛本革（人差し指、中指の第二関節部）
		手首部：長い
	手掌部	アラミド繊維生地
		補強材：滑り止め人工皮革
	指先部	新素材牛本革（親指・人差し指・中指）
メリット	手背部：耐炎・耐熱性能、耐摩耗性、耐切創性が高い 手掌部：耐炎・耐熱性能、フィット感、グリップ力有り作業性が高い ・記録紙への記載が容易 ・指先部（親指・人差し指・中指）に追加して手背部（人差し指、中指の第二関節部）でもモバイル機器が操作できるようになり、指先汚損時の対応が可能	
デメリット	・隊員の手の大きさにより第二関節部が新素材牛本革に当たらない場合がある ・腕時計の時間確認が困難	



写真 5 導電試験（試作品No. 3）

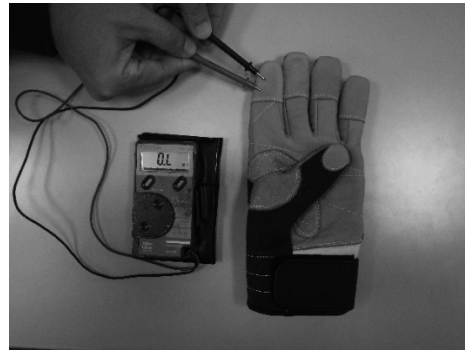


写真 6 導電試験（現採用品）



写真 7 試作品No. 4

表 6 試作品No. 4 について

仕 様	手背部	アラミド繊維生地
		新素材牛本草（人差し指、中指の第二関節部に幅広く）
		手首部：若干短く
	手掌部	アラミド繊維生地
		補強材：滑り止め人工皮革
	指先部	新素材牛本草（親指・人差し指・中指）
メリット	手背部：耐炎・耐熱性能、耐摩耗性、耐切創性が高い 手掌部：耐炎・耐熱性能、フィット感、グリップ力有り作業性が高い ・指先部、第二関節部でのモバイル機器等の操作や記録紙への記載が容易 ・腕時計の時間確認が容易	
デメリット	・指部分の長さが若干長く指部分のフィット感がやや低い ・新素材牛本草（親指・人差し指・中指）の経年使用での摩耗による導電性の劣化が懸念される	

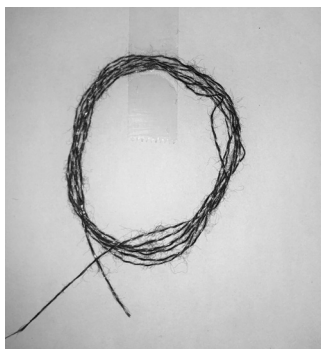


写真 8 導電性の糸（交撚糸）

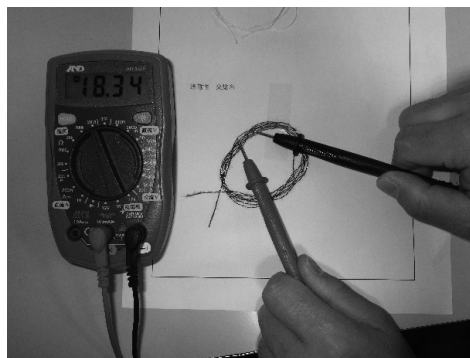


写真 9 導電試験



写真 1 0 完成品



写真 1 1 新素材牛皮革部分の補強縫い

表 7 完成品について

仕 様	手背部	アラミド繊維生地
		新素材牛本革（人差し指、中指の第二関節部に幅広く）
		手首部：若干短く
	手掌部	アラミド繊維生地
		補強材：滑り止め人工皮革
	指先部	新素材牛本革（親指・人差し指・中指）

	導電性の補強材：導電性の糸で新素材牛皮革を縫製
メリット	手背部：耐炎・耐熱性能、耐摩耗性、耐切創性が高い 手掌部：耐炎・耐熱性能、フィット性、グリップ力有り作業性が高い ・記録紙への記載が容易 ・腕時計の時間確認が容易 ・導電性の糸を補強的に縫い込み指先部の新素材牛皮革部の摩耗による導電性低下を防止
デメリット	なし



写真 1 2 指先で操作
(タブレット型端末機器)



写真 1 3 指先で操作
(ノートパソコン)



写真 1 4 第二関節部で操作
(タブレット型端末機器)

表 8 完成品での検証結果

各種情報収集機器等	操作性（○・△・×で表記）
① 記録紙への記載	○ 記載可能
② タブレット型端末機器（指先で操作対応画面、ドローン操作も含む）	○ 操作可能（静電容量方式）
③ ノートパソコン（指先での操作対応画面）	○ 操作可能（静電容量方式）
④ 車両運用端末装置・Automatic Vehicle Monitoring（通称「車両 AVM」）	○ 操作可能（抵抗膜方式）
⑤ 車両カーナビゲーション	○ 操作可能（静電容量方式）
⑥ 画像伝送装置	○ 操作可能
⑦ ヘリテレ受信機	○ 操作可能
⑧ 無線機	○ 操作可能