

——石裕川、石穎浩——

國軍現行PASGT軍用頭盔之主觀滿意度探討

提要

- 一、配戴「軍用頭盔」會影響人體舒適感，國軍人員對現行制式單兵護甲頭盔（Personal Armor System for Ground Troops，PASGT）之各項評選指標滿意度與重要度感受及在不同季節之間，執行不同型態任務，是否具有讓人滿意的效果，即為本研究欲探討的目的。
- 二、本研究採文獻回顧方法，統整出9項評選指標，並自聯兵旅級野戰單位回收332份之有效問卷，運用重要度與滿意度分析（I-S）模式找出對國軍人員較為重要的軍用頭盔指標；最後依序探討季節、作業類型、人口變項等因子對各項指標重要性與滿意度之影響。
- 三、研究結果顯示國軍人員對PASGT頭盔的散熱性、汗水吸收性及總重量最為重視，同時對散熱性與汗水吸收性也最不滿意，表示這兩項指標屬於急需改進項目。本研究建議應調整目前頭盔之設計或材質，提升其舒適性，以符合我國夏季氣候條件與人員作戰演訓等任務需求。

關鍵詞：軍用頭盔、評選指標、人因工程

圖片來源：青年日報



壹、前言

一、研究背景與動機

我國戰鬥部隊現行之軍用頭盔為地面部隊單兵護甲頭盔 (Personal Armor System for Ground Troops, PASGT)，其外型如圖一所示，用於保護士兵於戰場環境中免於遭受直射彈或破片對頭部的傷害，依據美軍於第二次世界大戰的實戰統計資料可知，頭部與頸部雖僅佔人體體積的12%，卻承受了高達25%以上之敵火攻勢（如圖二），且50%以上的死亡係因頭部傷重不治所致，¹ 由此可見，軍用頭盔對單兵戰地求生之重要性不言可喻。^{2、3}

學者F.Samil於2012年普遍調查基層官兵意向的研究中發現，高達95.9%的士兵皆高度重視頭盔舒適與否的議題；⁴ 惟現代頭盔

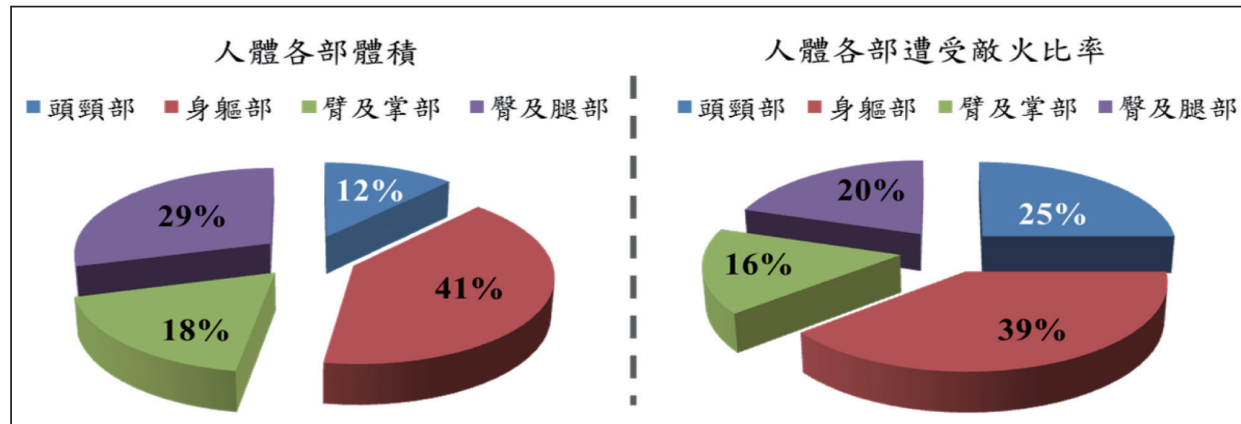


圖一 PASGT頭盔外型圖

（資源來源：本研究拍攝）

的設計、製造與學術研究大多著重於其功能性的盔殼避彈防護能力或材質與頭部創傷之間的關係，卻未能在設計初期即以「以物適人」的人因工程觀點出發，探討頭盔的適戴性或接受度與否等議題。^{5、6、7、8}另外，現代化

- 1 F. Samil, N. V. D. (2012). An Ergonomic Study of a Conventional Ballistic Helmet. *Procedia Engineering*, 41, p. 1660-1666.
- 2 Kulkarni, S. G., Gao, X. L., Horner, S. E., Zheng, J. Q., & David, N. V. (2013). Ballistic helmets- Their design, materials, and performance against traumatic brain injury. *Composite Structures*, 101, p. 313-331.
- 3 Li, X. G., Gao, X.- L., & Kleiven, S. (2016). Behind helmet blunt trauma induced by ballistic impact: A computational model. *International Journal of Impact Engineering*, 91, p. 56-67.
- 4 同註1。
- 5 Halimi, M. T., Dhahri, H., Khedher, N. B., Hassen, M. B., & Sakli, F. (2009). Thermal Properties of Industrial Safety Helmets. *Journal of Applied Sciences Research*, 5, p. 833-844.
- 6 Hsu, Y.- L., Tai, C.- Y., & Chen, T.- C. (2000). Improving thermal properties of industrial safety helmets. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26, p. 109-117.
- 7 Meunier, P., Tack, D., Ricci, A., Bossi, L., & Harry, A. (2000). Helmet accommodation analysis using 3D laser scanning. *Applied Ergonomics*, 31(4), p. 361-369.
- 8 Zwolinska, M., Bogdan, A., & Fejdys, M. (2014). Influence of different types of the internal system of the ballistic helmet shell on the thermal insulation measured by a manikin headform. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44, p. 421-427.



圖二 人體各部體積及遭受敵火比例比較圖

(資源來源:作者繪製)

軍用頭盔因應作戰形態演變，已逐漸整合成系統性作戰平臺，用以外掛加裝通信裝置、聽力增強裝置、整體式夜視/夜間機動性傳感器、高分貝率顯示器等裝備；在未來考慮人體生理承受及限制下，頭盔額外重量、重量分布改變及重心位移等狀況，均可能造成頸部疲勞或受傷。⁹ 前述諸般現況導致多數士兵表示，過往實際配戴頭盔的經驗中，曾發生頭部不舒適或作業干擾，以致不願意長時間或於戰況不緊張時配戴，甚而將裝備束諸高閣，嚴重影響部隊整體戰力；¹⁰因此，軍用頭盔在以使用者為導向的人因工程研究實為一重要的課題。

綜上分析，為利軍用頭盔兼顧良好防護性並廣為使用者接受，本研究採文獻回顧方

法歸納影響配戴頭盔接受度之評估指標，輔以使用者問卷方法，藉此聚焦國軍官兵對於過往使用經驗中較為關注之指標，以作為研發及製造單位未來設計或構型研改之參據。

二、研究目的

基於頭盔在設計之初，即應考量使用者接受度相關議題，惟過往研究中鮮少針對軍用頭盔的接受度作一通盤性探討，本研究之目的如下：

- (一) 運用各式頭盔及安全帽之文獻，歸納出評估指標並找出關鍵影響指標，以作為未來研發或構型研改參考之依據。
- (二) 探討國軍官兵不同背景及在不同季節間執行動態或靜態作業時，對目前配發之PASGT頭盔各項特性滿意度之影響。

9 Oord, M. H. A. H. V. d., Frings- Dresen, M. H. W., & Sluiter, J. K. (2012). Optimal Helmet Use And Adjustments with Respect to Neck Load: The Experience of Military Helicopter Aircrew. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42, p. 73-79.

10 Kuo, C.- L., & Yuan, C.- K. (2004). Ergonomics Design of NVG Head- mounted Strap. *Journal of China Institute of Technology*, p. 30.

三、研究範圍

軍用頭盔因應不同時空環境及任務屬性的需要，其款式及用途眾多，如戰鬥機飛行頭盔、直升機飛行頭盔、戰甲車駕駛頭盔或傘兵頭盔等，本研究僅探究各軍種、級職及官科之軍職人員於新兵訓練或入伍訓皆會配戴且實務上最為廣泛的「野戰步兵頭盔」(PASGT)。

在歸納評選指標階段，回顧過往文獻鮮有學者或研究針對軍用頭盔之人因工程議題進行探究，故本研究擬將各式頭盔或安全帽之人因工程評選指標納入問卷設計供使用者填答，以歸納出符合軍用頭盔使用者需求之關鍵指標。

另考量問卷施作之便利性並力求符合部隊現況，本研究以便利抽樣方式，擇定國軍陸軍一聯兵旅級單位現役軍職人員約350員，且需含括作戰、後勤維保及行政作業等職類之人員。

貳、文獻回顧

本研究回顧過往重要度-滿意度模式之相關研究與應用，另歸納評選指標共9項，如散熱性、吸濕排汗性、頭盔總重量、重量分布、合適度與穩定性、視覺因子、說話及聲音因子、體積，以及外型，並分別說明如後。

一、重要度-滿意度模式

重要度-滿意度模式 (Importance-Satisfaction Model, I-S Model)¹¹係以橫軸代表品質要素之重要程度，而以縱軸表示其滿意程度，受試者對於每項品質要素給予評分後，以重要度與滿意度的平均值為中心線分隔四項區域，擬藉由I-S Model分類各項品質要素以進行改善、維持與去除等動作，降低不必要的資源配置並提升顧客滿意度。對於四項區域之要素分述如後，詳細說明如圖三所示：

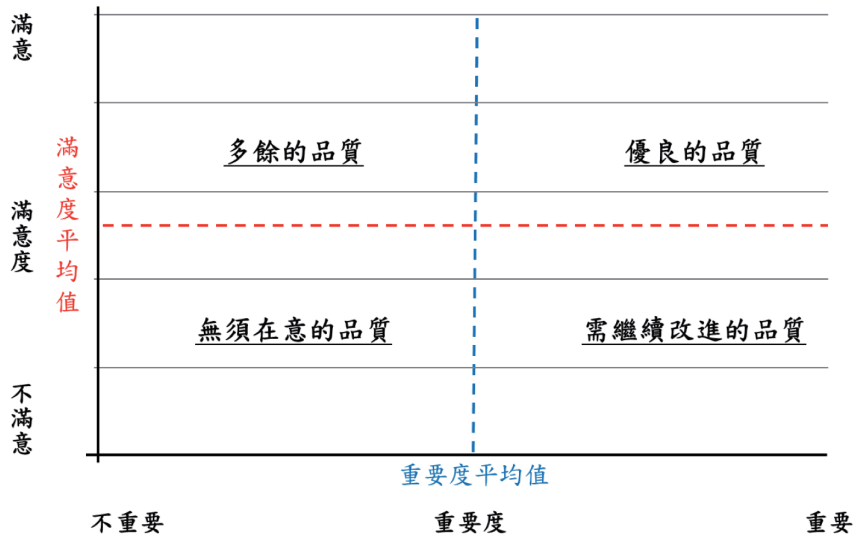
(一) 需繼續改進的品質：本區域表示受試者認為重要性高於平均值，但滿意度卻低於平均值之品質要素；受試者對此區域之要素視為理所當然，惟滿意度卻較低。由於是以部分重要的品質要素來衡量受試者滿意度，故落在此區域內的品質要素造成服務或產品的整體滿意度偏低。因此，欲提升總體滿意度，決策者應針對這些品質要素進行改善作為，並且有機會將此區的品質要素提升至優良品質區。

(二) 優良的品質：受試者認為重要且滿意度高的部分，對於這些品質要素必須盡力維護保持。甚至，若資源許可將進一步的進行改善措施，以維持與提升受試者對這些品質要素的高滿意度。

(三) 多餘的品質：本區域表示受試者認為

11 Yang, C.- C., "The refined Kano's model and its application," Total Quality Management & Business Excellence, Vol. 16 (2005), p. 1127-1137.

重要性低於平均值，但滿意度較高之評選指標；表示受試者不太在意，但滿意度還可以的指標。因此可維持現狀，甚或，決策者若想持續降低成本，可自落在這個區域內的品質要素著手考量。



圖三 重要度-滿意度模式 (I-S Model) 圖

(資源來源：作者繪製)

(四) 無須在意的品質：

本區域表示受試者認為重要性低於平均值，且滿意度亦低於平均值之評選指標；表示受試者認為不重要，且也無滿意度與否的指標。因此製造者不必將該指標列為評選或研發之重點，以節省資源並樽節成本。

在運動高代謝的狀況下，因為頭盔的絕緣特性不斷積累熱能，導致巨大的熱量，¹²而溫度的持續升高不僅影響人體的各項生理參數，更影響著精神指標，故如何防止頭部因為使用頭盔或安全帽不通風導致過熱而不舒適，甚至藉頭盔或安全帽的設計或材質的改變，將頭部所產生的熱能加速或主動釋放至環境中，便是個重要課題。^{13、14、15、16}

二、評選指標

(一) 散熱性 (thermal properties)

頭部是人體對熱最為敏感的部位之一，

過去十年內，在眾多影響頭盔或安全帽

- 12 Passler, S., Mitternacht, J., Janta, M., & Senner, V. (2016). Conceptual development and evaluation of heat relief principles for the application in bicycle helmets. *Procedia Engineering*, 147, p. 501-506.
- 13 Davis, G. A., Edmisten, E. D., Thomas, R. E., Rummer, R. B., & Pascoe, D. D. (2001). Effects of Ventilated Safety Helmets in A Hot Environment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 27, p. 321-329.
- 14 Sezgin, Y. C., & Celik, M. (2015). PCM-cap to provide thermal comfort for human head. *Extreme Physiology & Medicine*, 4(1), A81. doi: 10.1186/2046- 7648- 4- s1- a81.
- 15 Tan, L. B., Tse, K. M., Lee, H. P., Tan, V. B. C., & Lim, S. P. (2012). Performance of an advanced combat helmet with different interior cushioning systems in ballistic impact: Experiments and finite element simulations. *International Journal of Impact Engineering*, 50, p. 99-112.
- 16 Zwolińska, M. (2013). Thermal subjective sensations of motorcyclists. *Accident Analysis & Prevention*, 50, p. 1211-1220.

為使用者所接受的因素中，散熱性是最為廣泛研究的議題且已被視為是增進使用者穿戴意願的最關鍵因素，尤其對位處亞熱帶氣候濕熱的臺灣地區，其影響之嚴重性不可不慎。^{17、18、19}

據Pang等學者於2011年對板球運動頭盔的研究指出，靜態動作下頭盔或安全帽盔體結構的不同對於熱對流無顯著幫助，但在運動過程中，可提升頭盔的散熱效率。²⁰而在最新針對頭盔或安全帽的熱舒適性研究中，日益強調應將頭部熱散發性能化被動為主動，例如Ghani等學者於2017年即嘗試優化工業用安全帽，在內部加裝一導流扇並結合新式降溫材質，結果發現，可使安全帽使用者在

高溫/濕度達45°C及相對溼度65%的作業環境下，盔表最大升溫數值降低達10°C，²¹其研究成果或可做為未來軍用頭盔設計的參據。

(二) 汗水吸收性 (absorptivity)

Hickling學者於1986年提出，頭盔或安全帽內部因汗水而產生的濕滯不僅令使用者感到不適，也有可能連帶增加頭盔與頭部的潤滑效果造成滑動，減少頭盔穩定性。²²

Pang等學者於2014年運用板球頭盔及發汗假人頭的研究中發現，發汗不易蒸發的情況相較於未發汗的情況，頭盔內部的熱散發效率降低了50%，更易造成頭部不適，²³因此Yang等學者在2014年針對森林防火頭盔的人因工程分析中提出，在兼顧安全性及舒適性

- 17 Amar, S. B., M. T. Halimi, Hassen, M. B., & F. Sakli. (2011). Heat and moisture transfer in safety helmet. *INTERNATIONAL JOURNAL OF HEAT AND MASS TRANSFER*, 5, p. 41-70.
- 18 Bogerd, C. P., Aerts, J.- M., Annaheim, S., BrCode, P., Bruyne, G. d., Flouris, A. D., ...Rossi, R. E. M. (2015). A review on ergonomics of headgear: Thermal effects. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 45, p. 1-12.
- 19 Guillamon, N. M., Psikuta, A., Rossi, R. M., Salvador, J. M. C., & Annaheim, S. (2016). Global and local heat transfer analysis for bicycle helmets using thermal head manikins. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 53, p. 157-166.
- 20 Pang, T. Y., Subic, A., & Takla, M. (2011). Thermal Comfort of Cricket Helmets: An Experimental Study of Heat Distribution. *Engineering Procedia*, 13, p. 252-257.
- 21 Ghani, S., ElBialy, E. M. A. A., Bakochristou, F., Gamaledin, S. M. A., & Rashwan, M. M. (2017). The effect of forced convection and PCM on helmets' thermal performance in hot and arid environments. *Applied Thermal Engineering*, 111, p. 624-637.
- 22 Hickling, E. M. (1986). Factors affecting the acceptability of head protection at work. *Journal of Occupational Accidents*, 8(3), p. 193-206.
- 23 Pang, T. Y., Subic, A., & Takla, M. (2014). Evaluation of thermal and evaporative resistances in cricket helmets using a sweating manikin. *Applied Ergonomics*, 45(2), p. 300-307.

的考量下，頭部與頭盔或安全帽之間的接觸襯墊的設計應兼顧透氣性及水分吸收性。²⁴

(三) 頭盔總重量 (weight)

過重的頭盔或安全帽連帶增加頭部壓力，也是影響使用者意願的主要因素之一，^{25、26、27}Yang等學者於2014年針對森林消防頭盔的人因工程分析結果指出，頭盔或安全帽的重量絕不可過重，考量人體生理負荷程度，若需配戴頭盔或安全帽連續從事兩小時以上的作業時，頭盔或安全帽應設計輕於1.5公斤，否則將影響人員作業效率，甚至肇生工作失慎等危安事件。²⁸

(四) 重量分布 (mass distribution)

眾多研究指出，最佳的頭盔或安全帽配重設計便是盔重心 (Center of gravity) 貼合

著頭頂重心位置，如此一來便可降低因重心位移後，頭部活動所引起的頸椎受傷或頸部肌肉僵硬及不適。^{29、30、31}

近來軍用頭盔因外掛通訊與夜視系統等裝置，已強化成一整合性作戰系統平臺，然而這些外掛系統不僅增加頭盔重量更使得頭盔重心隨之偏移，導致配戴者頸部負荷及不適感增加，進而造成人員受傷，而這樣的傷害對於使用時須抵抗強大空氣壓力的直升機及戰鬥機飛行員又更為明顯，使許多國家軍方已更加正視頭盔設計時，重量分布的議題。^{32、33}

(五) 合適度與穩定性 (fit and stability)

就Ellena等學者的看法，所謂好的合適度即是頭盔的內襯墊能完全貼合頭部，無

24 Yang, H., Li, B., Wu, Y., & Li, B. (2014). Ergonomic Analysis of Multi- Function Forest Fire Helmet. *Key Engineering Materials*, 584, p. 9-14.

25 同註13。

26 同註2。

27 Zolkifli, N. z., Tamrin, S. B. M., Guan, N. Y., Shukoor, N. S. M., Akir, N. F. M., Siong, N. G., & Nasir, N. S. M. (2016). Knowledge, attitude and practice on the usage of safety helmet among oil palm harvesters. *Malaysian Journal of Public Health Medicine*, special volume 1, p. 44-49.

28 同註24。

29 同註26。

30 同註9。

31 同註28。

32 Godwin, A. A., & Eger, T. R. (2014). Ergonomic and usability ratings of helmets and head- mounted personal protective equipment in industry. *Work*, 47, 23-31.

33 Harrison, M. F., Forde, K. A., Albert, W. J., Croll, J. C., & Neary, J. P. (2016). Posture and Helmet Load Influences on Neck Muscle Activation. *Aerospace Medicine and Human Performance*, 87(1), 48-53. doi: 10.3357/AMHP.4301. 2016.

間隙且不致造成過大的壓迫感；³⁴簡言之，頭盔或安全帽的尺寸對使用者而言不論太大或太小均屬不合適的情形。許多的研究指出，配戴一個不合適的頭盔或安全帽，不僅容易造成配戴者產生不舒適感，且無法發揮其原本的保護功能，更甚者會對使用者造成危害。^{35、36、37、38、39}據Oord等學者對軍用直升機飛行頭盔研究發現，頭盔與頭部的合適度與穩定度有顯著的關聯性，且因合

適度較高的頭盔不易造成頭盔滑動(helmet gliding)，對配戴者而言亦較為舒適；⁴⁰因此Kulkarni等學者認為，在軍事領域而言，軍用頭盔合適度可說是影響作戰成效的因素之一。⁴¹

為解決頭盔合適度及穩定性問題，眾多研究皆運用三維頭型掃描方式針對不同頭盔使用族群建立頭型資料庫，以設計更為貼合頭部的頭盔或安全帽。^{42、43、44、45、46}

34 Ellena, T., Subic, A., Mustafa, H., & Pang, T. Y. (2016). The Helmet Fit Index- An intelligent tool for fit assessment and design customisation. *Applied Ergonomics*, 55, p. 194-207.

35 同註13。

36 Gautam, D., & Kiran, U. V. (2014). Subjective evaluation of the helmet users regarding comfort features of the helmet. *International Journal of Science and Research*, 3(6).

37 Mustafa, H., Pang, T. Y., Perret- Ellena, T., & Subic, A. (2015). Impact attenuation of customized user-centered bicycle helmet design. *Procedia Engineering*, 112, p. 77-84.

38 Pang, T. Y., Babalija, J., Perret- Ellena, T., Lo, T. S. T., Mustafa, H., & Subic, A. (2015). User Centred Design Customisation of Bicycle Helmets Liner for Improved Dynamic Stability and Fit. *Procedia Engineering*, 112, p. 85-91.

39 Ramli, R., & Oxley, J. (2016). Motorcycle helmet fixation status is more crucial than helmet type in providing protection to the head. *Injury*.

40 同註9。

41 同註2。

42 Ball, R., Shu, C., Xi, P., Rioux, M., Luximon, Y., & Molenbroek, J. (2010). A comparison between Chinese and Caucasian head shapes. *Applied Ergonomics*, 41.

43 Catapan, M. F., Okimoto, M. L. L. R., Santana, Santana, F. E., Silva, C. M. A., & Rodrigues, Y. W. (2015). Anthropometric Analysis of Human Head for Designing Ballistic Helmets. *Procedia Manufacturing*, 3, p. 5475-5481.

44 Ellena, T., Skals, S., Subic, A., Mustafa, H., & Pang, T. Y. (2017). 3D digital headform models of Australian cyclists. *Applied Ergonomics*, 59, Part A, p. 11-18.

45 Perret- Ellena, T., Skals, S. L., Subic, A., Mustafa, H., & Pang, T. Y. (2015). 3D Anthropometric Investigation of Head and Face Characteristics of Australian Cyclists. *Procedia Engineering*, 112, p. 98-103.

46 Skals, S., Ellena, T., Subic, A., & Mustafa, H. (2016). Improving Fit of Bicycle Helmet Liners Using 3D Anthropometric Data. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 55, p. 86-95.

(六) 視覺因子 (visual factors)

Ruzic等學者在滑雪頭盔的聽覺及視覺相關因子研究中發現，在高速滑雪的過程中，應注意選手的視覺是否會因頭盔而有所影響，造成減少選手遇突發狀況的反應時間，⁴⁷因此頭盔或安全帽在設計之初即應考量視覺相關因子，不能因其設計而影響到使用者視覺；此外，McKnight等人針對機車安全帽的盔體外型進行研究發現，不佳的設計造成騎士視覺干擾，使頸部左右轉動幅度隨之加大，進而增加了意外狀況反應時間。⁴⁸

在軍事方面，視覺可說是在槍砲聲震耳欲聾的戰地環境中，對外部環境訊息接收的主要來源。研究指出不佳的頭盔設計及過重的重量，會增加士兵即時從事戰鬥動作的反應時間。⁴⁹Kulkarni等學者亦指出，士兵在瞬息萬變的戰場上配戴軍用頭盔，視線應保持

能夠隨時環顧四周，以避免突發威脅及即時發現作戰目標並遂行戰鬥任務。⁵⁰

(七) 說話及聲音因子 (speech and sound factors)

若頭盔或安全帽使用背景是一個嘈雜喧鬧的環境，如機車安全帽或工廠安全帽等，其說話及聲音因子的設計就極為重要，應避免因頭盔設計不良而增加溝通的困難。⁵¹

研究指出滑雪選手在高速下滑的過程中，能賴以及早發覺潛在危險（如滑雪板斷裂）及辨別自身方位的方式便是依靠視覺及對環境周遭異樣的聲音保持高度警覺；因此在滑雪頭盔的選擇上，會偏好較無聽覺干擾的產品，以避免突發意外的發生。^{52、53}McKnigh等學者針對機車安全帽的外觀與使用者聽覺之間關係進行研究，結果雖發現不同盔體設計的安全帽，對使用者聽覺反應無統計上顯著差異，然而實際使用上仍不可不慎加注

47 Ruzic, L., Tudor, A., Radman, I., Kasovic, M., & Cigrovski, V. (2015). The influence of ski helmet on sound perception and sound localisation on the ski slope. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 28(2), p. 389-394.

48 McKnight, A. J., & McKnight, A. S. (1995). The Effects of Motorcycle Helmets upon Seeing and Hearing. *Accident Analysis & Prevention*, 27(4), p. 493-501.

49 Lim, J., Palmer, C. J., Busa, M. A., Amado, A., Rosado, L. D., Ducharme, S. W., ...Van Emmerik, R. E. A. (2016). Additional helmet and pack loading reduce situational awareness during the establishment of marksmanship posture. *Ergonomics*, p. 1-13.

50 同註2。

51 同註22。

52 Ruedl, G., Kopp, M., Burtcher, M., Zorowka, P., Weichbold, V., Stephan, K., ...Seebacher, J. (2014). Effect of wearing a ski helmet on perception and localization of sounds. *International journal of sports medicine*, 35(08), p. 645-650.

53 同註47。

意。⁵⁴

在軍事用途方面，Abel等學者針對軍用頭盔的聽覺因子作分析指出，現代軍用頭盔為保護人體耳部皆會設計附蓋外耳以保護頭側部安全，然而考量戰場環境的不可預期性，仍應兼顧其良好的聽覺功能。⁵⁵此外，經Abel學者研究後亦指出，現今對於軍用頭盔的聽覺因子研究，大多集中於增進聽覺保護的效益或整合性通信構聯系統的建置，尚未有一針對軍用頭盔造成的聽覺損耗或干擾之研究。⁵⁶

(八) 體積 (volume)

在部分特定的工作場域中，頭盔或安全帽的體積大小是應受到限制的，Hickling學者分別就戰鬥機飛行員及鋼筋工廠工人提出看法，戰鬥機飛行員的飛行頭盔體積應在兼顧安全的前提下盡量縮小，其一是戰鬥機飛行座艙空間狹小，若頭盔太大將影響飛行員

活動，其二是戰鬥機在高速飛行過程中，頭盔體積越大造成的慣性力矩也越大，對飛行員的生理負荷也隨之增加，另考量工人搬運貨品經常採用肩扛的方式，工業安全頭盔的大小亦應越小越好，避免造成作業干擾。⁵⁷

(九) 外型 (appearance)

根據Fong等學者針對寮國不願意配合政府政策配戴安全帽的機車騎士調查發現，高達54.5%的受訪者認為配戴後的樣子並不好看；⁵⁸在Lajunen學者的研究亦指出影響挪威成年自行車騎士不願意戴安全帽的最主要因素是「外型相當可笑」或「相當滑稽」，可見外型的因素是個不容忽視的議題。⁵⁹

過往研究亦指出，年輕的頭盔或安全帽使用者較注重配戴後的外型及旁人的眼光，而影響使用意願；^{60、61}以此反觀我國國軍的頭盔主要使用族群便是18至28歲的基層官兵，因此未來在設計上，應在兼顧保護性能及

54 同註48。

55 Abel, S. M., Boyne, S., & Roesler- Mulroney, H. (2009). Sound localization with an army helmet worn in combination with an in-ear advanced communications system. *Noise & Health*, 11, p. 199-205.

56 Abel, S. M., DuCharme, M. B., & van der Werf, D. (2010). Hearing and sound source identification with protective headwear. *MILITARY MEDICINE*, 175(11).

57 同註22。

58 Fong, M. C., Measelle, J. R., Dwyer, J. L., Taylor, Y. K., Mobasser, A., & Strong, T. M. (2015). Rates of motorcycle helmet use and reasons for non-use among adults and children in Luang Prabang, Lao People's Democratic Republic. *BMC Public Health*, 15, p. 53-59.

59 Lajunen, T. (2016). Barriers and facilitators of bicycle helmet use among children and their parents. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 41, Part B, p. 294-301.

60 同註36。

61 同註27。

舒適性的前提之下，納入外型因素考量，不僅提升官兵使用意願，更甚者或可提升軍容形象。

綜合前述，本研究歸納出9個頭盔人因工程評選指標，包括「散熱性」、「汗水吸收性」、「頭盔總重量」、「重量分布」、「合適度與穩定度」、「視覺因子」、「外型」、「說話及聲音因子」及「體積」；以下將針對該9種指標進行問卷設計，期了解各指標之重要度與滿意度之外，也希望於不同季節與作業型態（動、靜態）下，使用者之滿意度，以作為未來研發或構型研改參考之依據。

參、研究方法

一、研究對象

以便利抽樣方式，擇定國軍陸軍一聯兵旅級野戰單位現役且服役年資1年以上之軍職人員356員受測，為確保人員抽樣貼近國軍現況，含括作戰、後勤維保及行政業務等職務類別。問卷發放方式於105年8月份採現場一次發放施作完畢，以利填答者遇問題時，施測者可立即回覆，提升問卷回收分析之可靠度。

二、問卷設計

採用問卷調查法作為資料蒐整之工具，目的在於探討文獻回顧歸納出之「散熱性」、「汗水吸收性」、「頭盔總重量」、「重量分布」、「合適度與穩定度」、「視覺因子」、「外

型」、「說話及聲音因子」及「體積」等9項評選指標之使用者主觀評比數值。

為避免受試者偏好選填中間值，問卷量表題項採用李克特六點尺度（6-point Likert Scale）予以計分並量化，分別以1-6分來表示：非常不同意1分、不同意2分、有點不同意3分、有點同意4分、同意5分及非常同意6分。

所填答之基本資料包含性別、生日、年齡、身高、體重、年資（區分入伍及任官）、單位、職務別及服務年資等，除基本資料外，尚須完成下列部分，說明如后：

- （一）第一部分：由填答者就自身過往經驗及認知對9項評選指標之重要程度予以評分，並給予排序1（最重要）至排序9（最不重要）的相對重要順序評等，另增加一開放性填答欄位，可填入就填答者自身配戴軍用頭盔經驗中，亦屬重要但本研究闕漏的評選指標。
- （二）第二部分：就自身過往經驗，於夏季配戴頭盔時從事靜、動態作業之滿意度。
- （三）第三部分：就自身過往經驗，於冬季配戴頭盔時操作靜、動態作業之滿意度。
- （四）第四部分：在不區分季節與作業類型的情況下，請填答者就自身過往經驗，針對國軍現行配發的「PASGT步兵頭盔」之9項評選指標給予滿意度評分。

三、統計方法

問卷發放回收的資料先以Microsoft

Excel整理為統一格式，再以Statistica 8.0統計軟體進行敘述性統計(Descriptive Statistics)，並依自變項特性分別進行T檢定(T-test)、單因子或二因子變異數分析(Analysis of variance, ANOVA)、Friedman檢定(Friedman test)等統計分析，顯著水準(α)均設為0.05。

肆、分析結果

一、問卷填答情形

問卷共計發放356份，剔除填答不完全

之無效問卷共計24份，有效問卷為332份，有效回收率93.3%；無效問卷包括缺年資、生日、性別外，尚有其他資料填答不完全或重複填答者，問卷整理分析如表一所示。

二、受試者背景分析

(一) 基本資料：全體平均年齡26.5歲(SD=5.1歲)，平均身高170.6公分(SD=6.8公分)，平均體重68.6公斤(SD=8.7公斤)，平均BMI為23.6(SD=1.98)，平均服役年資6.5年(SD=4.8年)；其他男、女基本資料情形詳如表二所示。

(二) 受試者背景分布情形：有效問卷資料

表一 問卷填答情形分析表

問卷狀況	說明	數量	合計
無效	缺年資及生日	4	24 (6.7%)
	缺性別	2	
	重要度排序填答不完全	3	
	重要度排序填答重複	4	
	實際配戴滿意度填答不完全	6	
	整體滿意度評選填答不完全	4	
有效	完整填答	329	332 (93.3%)
	年齡未填答，依其填答之生日協助填入	3	
總數			356 (100%)

資源來源：本研究整理

表二 受試者基本資料表

項目(單位)	男性	女性	全體
人數	272	60	332
平均年齡(歲)	26.6 (5.13) *	25.8 (4.65)	26.49 (5.05)
平均身高(公分)	172.4 (5.70)	162.3 (4.59)	170.56 (6.76)
平均體重(公斤)	71.1 (7.50)	58.4 (5.17)	68.82 (8.66)
平均BMI	23.9 (1.74)	22.1 (1.93)	23.58 (1.89)
平均年資(年)	6.6 (4.83)	6.3 (4.53)	6.52 (4.78)

*括弧內數字為標準差

資源來源：本研究整理

分布情形為男性272位(81.9%)，女性60位(18.1%)；年齡層以19-25歲147位(44.3%)為最多，26-30歲118位(35.5%)次之；階級以士官172位(51.8%)之比例為最高，士兵88位(26.5%)次之；工作性質以作戰人員233位(67.2%)佔最多數，後勤保修補給作業人員57位(17.1%)次之，其他背景資料分布詳如表三所示。

三、評選指標之重要度與滿意度模式(I-S Model) 分析

本研究目的其一為歸納出軍用頭盔之關鍵評選指標以作為未來頭盔構型研改之參據及實施測試評估之依據，本階段即利用問卷找出受試者認為較為重要之指標，分為重要度分析與重要度排序兩部分。

(一) 各指標重要程度與相對重要度排序：

針對有效問卷332份之9項評選指標重要程度(1分〔非常不重要〕~6分〔非常重要〕)進行單因子ANOVA，結果指出不同評選指標間之重要性程度具有顯著差異($p<0.05$)。前三最重要指標分為散熱性最為重要(5.68)、汗水吸收性(5.65)，以及頭盔總重量(5.48)；最後三名則為視覺因子(4.11)、外型(3.79)與體積(3.70)；其完整結果詳如表四所示。

進一步探討各指標相對重要度(排序1〔最重要〕~排序9〔最不重要〕)的排序，從結果得知，選擇散熱性為第1順位的受試者佔40.4%，其次是頭盔總重量佔18.4%，再次之汗水吸收性佔17.2%，其結果與重要程度分析之結果大致相同，皆以散熱性、汗水吸收性、

表三 受試者背景分布

		男性(272人)	女性(60人)	合計	百分比
年齡層	19-25歲	119	28	147	44.3%
	26-30歲	93	25	118	35.5%
	31-35歲	41	4	45	13.6%
	36-40歲	19	3	22	6.6%
階級	士兵	71	17	88	26.5%
	士官	139	33	172	51.8%
	中尉	35	4	39	11.8%
	上尉	17	6	23	6.9%
	少校	9	0	9	2.7%
	中校	1	0	1	0.3%
工作性質	作戰人員	207	16	223	67.2%
	後勤補給作業	38	19	57	17.1%
	行政幕僚	27	25	52	15.7%

資源來源：本研究整理

頭盔總量及重量分布較為重要；問卷內開放性填答欄並無受試者填答，可見此9項評選指標應已涵蓋受試者之配戴感受，相對重要程度排序比例如圖四所示。另經Friedman檢定得知，9個評選指標間排序有顯著差異（ $\text{Chi-sqr}=1647.6$ ， $p<0.001$ ），其平均排序如表五。

（二）評選指標之滿意程度分析：現針對問卷第四部分，在不區分季節與作業類型的情況下，分析9項評選指標滿意度之間的差異。本研究以重複量數單因子變異數分析來檢定之，檢定結果指出不同評選指標間具有顯著差異（ $p<0.05$ ）；普遍認

表四 評選指標重要程度分析表 (n=332)

評選指標	平均	標準差
散熱性程度	5.68 ^a	0.54
汗水吸收程度	5.65 ^a	0.52
頭盔總重量	5.48 ^{ab}	0.65
重量分布	5.38 ^b	0.71
合適度	4.92 ^c	0.78
說話及聲音因子	4.27 ^d	0.92
視覺因子	4.11 ^d	0.91
外型	3.79 ^e	0.88
體積	3.70 ^e	0.75
整體	4.78	1.07

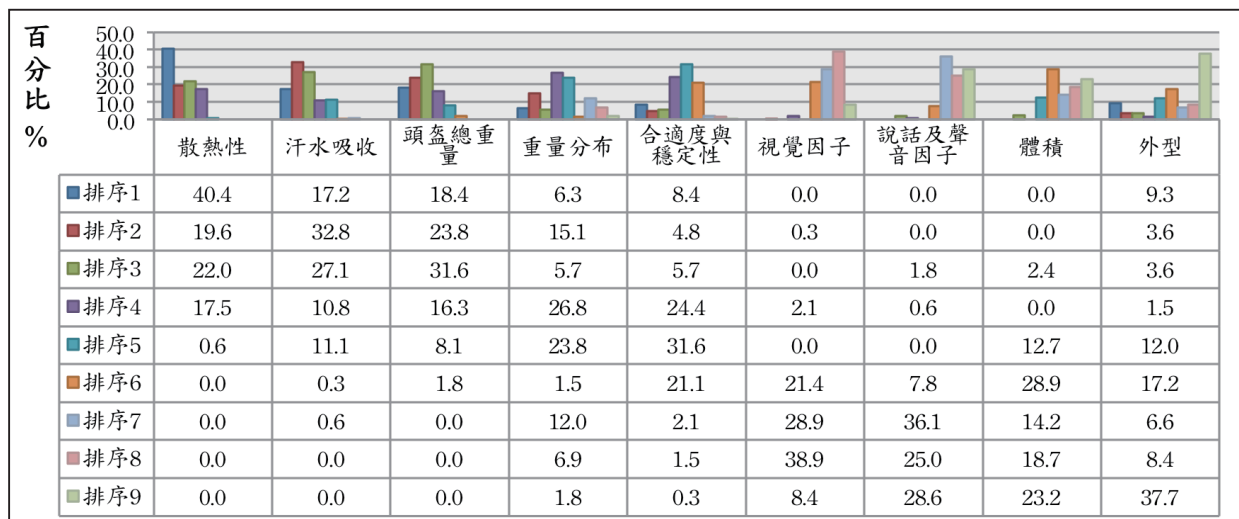
註：英文字母：scheffe事後檢定，標示相同字母者，表彼此之間無顯著差異

資源來源：本研究整理

表五 評選指標相對重要度排序 (n=332)

評選指標	平均
散熱性程度	2.2
汗水吸收程度	2.7
頭盔總重量	2.8
重量分布	4.4
合適度	4.5
視覺因子	7.3
說話及聲音因子	7.7
體積	7.0
外型	6.5

資源來源：本研究整理



圖四 評選指標重要程度排序比例長條圖

（資源來源：作者繪製）

為散熱性滿意程度為最低，其李克特6點指數平均值為2.18，次之為汗水吸收性，平均值為2.31，再者是頭盔總重量，平均值為2.59，最滿意者為視覺因子

表六 評選指標滿意程度分析表

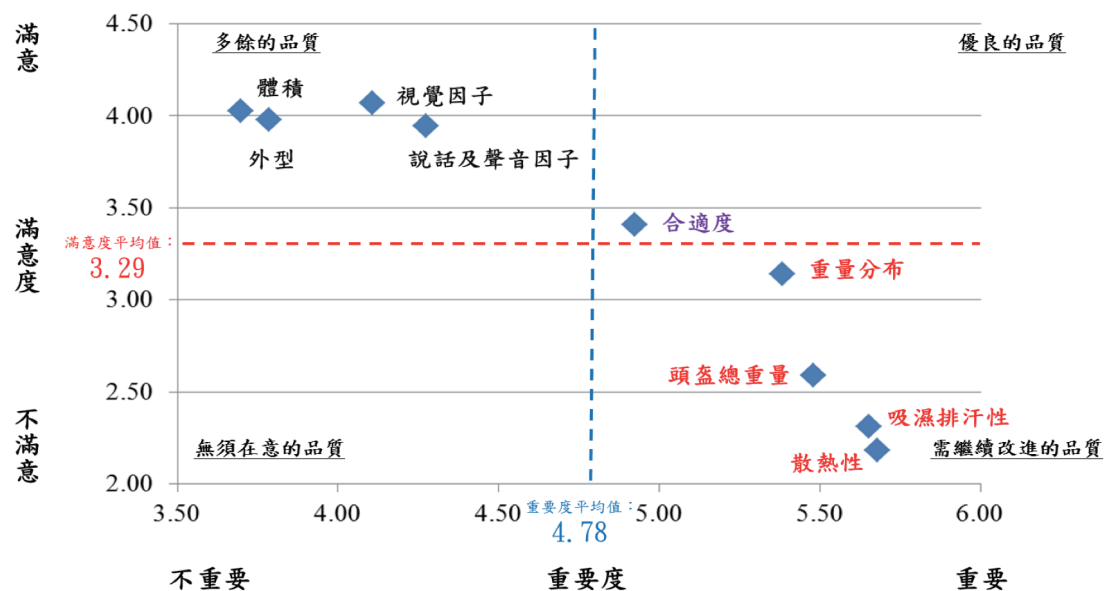
評選指標	平均	標準差
視覺因子	4.07 ^d	1.22
體積	4.03 ^d	1.42
外型	3.98 ^d	1.32
說話及聲音因子	3.94 ^d	1.19
合適度	3.41 ^c	1.22
重量分布	3.14 ^c	1.19
頭盔總重量	2.59 ^b	1.06
汗水吸收程度	2.31 ^{ab}	1.07
散熱性程度	2.18 ^a	0.87
整體	3.29	1.39

註：英文字母：scheffe事後檢定，標示相同字母者，表彼此之間無顯著差異

資源來源：本研究整理

子，平均值為4.07，其完整結果詳如表六所示。

(三) 建構I-S模式：為萃取符合國軍軍用頭盔使用者需求之指標，本研究將軍用頭盔視為一種產品，9項評選指標視為品質要素，再利用I-S Model⁶²將各項評選指標做更精確的分類，以提供軍方更有價值的參考資訊。本階段以填答者在各項評選指標所填答之重要度及滿意度平均值分為X（重要度）與Y軸（滿意度），將9項評選指標之重要性與滿意度分別標示於該二維座標空間，進行重要度與滿意度模式（I-S model）分析比較，結果詳如圖五所示，相關說明如下。



圖五 評選指標之I-S模式圖（資源來源：作者繪製）

62 同註11。

1. 需繼續改進的品質：落於該區之指標計有「散熱性」、「吸濕排汗性」、「頭盔總重量」及「重量分布」等4項，應做為未來新式頭盔研發或現行頭盔構型研改所焦點關注之重點。
2. 優良的品質：本區域表示受試者認為重要性高於平均值，且滿意度也高於平均值之評選指標；表受試者認為重要且滿意度佳之評選指標。落於該區之指標僅「合適度」1項，建議有關之生產製造單位持續保持，以符合使用者需求。
3. 多餘的品質：因此製造者無須太在意且不用再投入更多資源進行改善，維持現狀即可。落於該區之指標計有「視覺因子」、「說話及聲音因子」、「體積」及「外型」等4項評選指標，國軍相關製造與決策單位針對新式頭盔之研改無須再投入更多資源進

行改善，維持現狀即可。

4. 無須在意的品質：依據評估現行PASGT之結果，發現並無相關指標落於該區中，顯示9項指標皆須於生產部署時予以不同程度之重視，不可忽略。

四、季節及作業類型對PASGT頭盔滿意度之分析

為符受試者現況，在問卷階段亦將季節（夏/冬季）及作業類型（分作動態作業，如基本教練、體能戰技、射擊訓練和戰鬥教練等，及靜態作業，如幕僚作業、行政文書作業等）之差異，對官兵佩戴頭盔主觀滿意度之影響納入探討。

現以二因子變異數分析來檢定之，結果如表七所示，從表中可發現，主效果部分，季節顯著影響散熱性、吸濕排汗性、頭盔總重量，以及重量分布等4項指標之滿意度，作業類型則對散熱性、吸濕排汗性、頭盔總重量、重量分布，以及合適度與穩定性等5項指標具

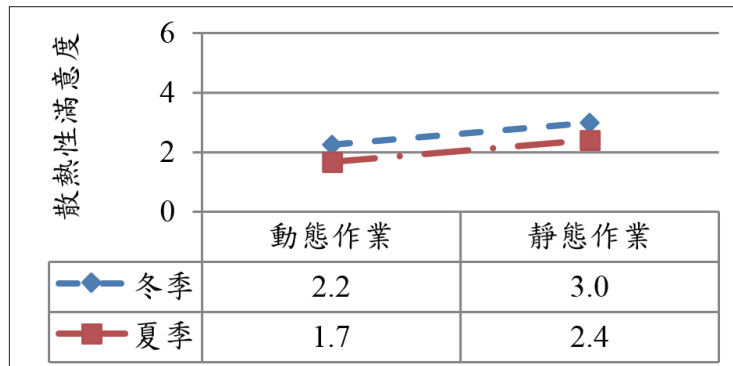
表七 季節及作業類型對評選指標滿意度之ANOVA彙整表

因子	散熱性	吸濕排汗性	頭盔總重量	重量分布	合適度與穩定性
季節	***	***	***	*	n.s.
作業類型	***	***	***	***	***
季節×作業類型	n.s.	*	***	n.s.	n.s.

因子	視覺因子	說話及聲音因子	體積	外型
季節	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
作業類型	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
季節×作業類型	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

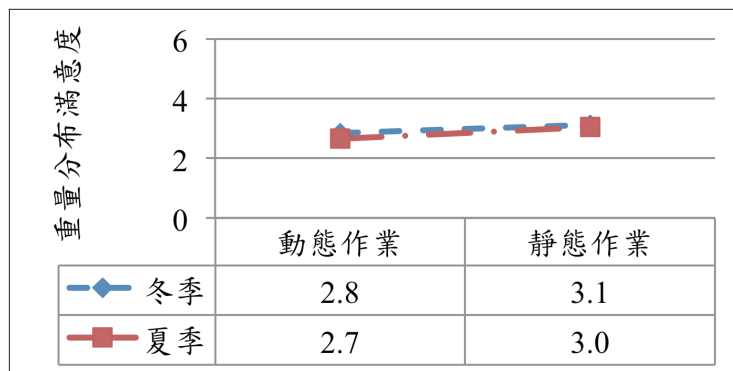
註：* $p < .05$ ；** $p < .01$ ；*** $p < .001$ ，n.s.:not significant

資料來源：本研究整理



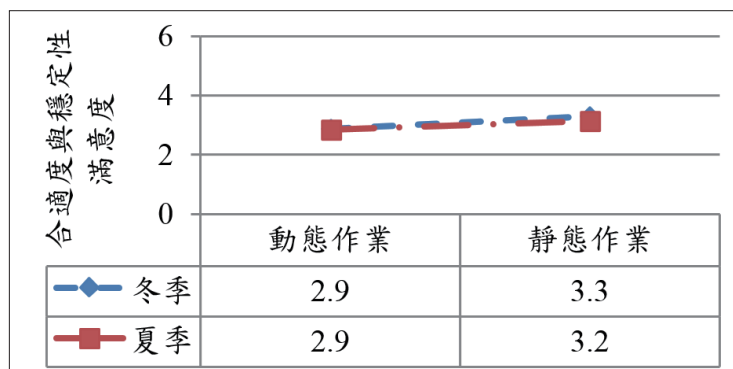
圖六 不同作業類型於不同季節下對散熱性滿意度之影響

(資料來源：作者繪製)



圖七 不同作業類型於不同季節下對重量分布滿意度之影響

(資料來源：作者繪製)



圖八 不同作業類型於不同季節下對合適度與穩定性滿意度之影響 (資料來源：作者繪製)

影響性，至於交互作用，僅對吸濕排汗性及頭盔總重量具顯著影響。

季節及作業類型對散熱性及重量分布之滿意度分別呈現於圖六與圖七；根據ANOVA結果，僅季節及作業類型主效果顯著，從圖可知，於冬季之滿意度較於夏季穿戴時為高，而作業類型以執行靜態作業者之滿意度較高。

如圖八所示，在「合適度與穩定性」評選指標上，僅作業型態有顯著影響，靜態作業時的滿意度較高。

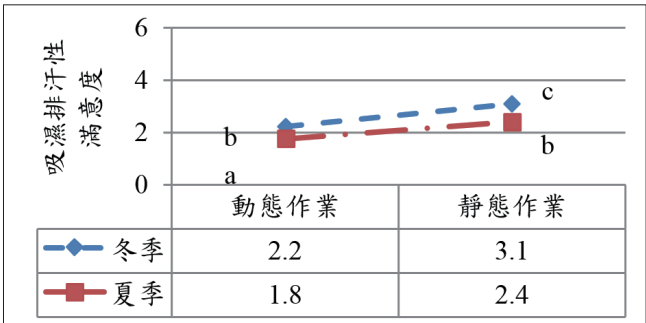
季節及作業類型之交互作用對吸濕排汗性及頭盔總重量之滿意度及事後檢定結果分別陳列於圖九與圖十。從圖可知，不論執行何種作業，夏季之滿意度皆較低，冬季則較高。另就操作動作觀之，除頭盔總重量於冬季時無差異外，動態作業之主觀滿意度均低於靜態作業。

五、人口變項對各項評選指標滿意度之影響分析

(一) 性別對評選指標滿意度之影響分析：針對性別對9項評選指標滿意度之影響進行T檢定，結果由表八

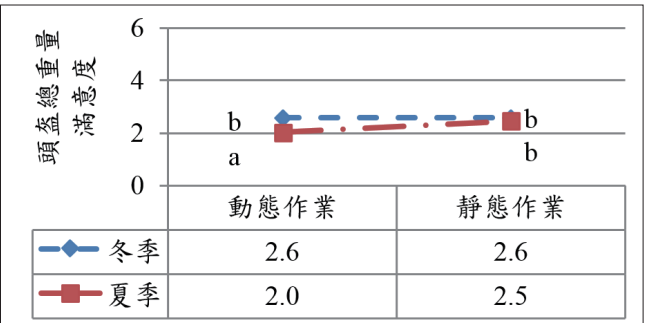
可知，男女性僅在散熱性、汗水吸收程度與頭盔總重量等三項評選指標間具有顯著差異 ($p<.05$)：女性在散熱性及

汗水吸收性等兩項滿意度高於男性，可能原因是男性的體溫與排汗量高於女性，對頭部護具的散熱、吸濕及排汗性的需求較高，導致對頭盔的滿意度較低；而頭盔總重量之滿意度則是男性高於女性，推測其原因應是男性的負重能力相較於女性而言，耐負重程度較高，故以男性較為滿意。



圖九 不同作業類型於不同季節下對吸濕排汗性滿意度之影響 (資料來源：作者繪製)

(二) 年齡對評選指標滿意度之影響分析：現以單因子變異數分析來檢定年齡層之間的差異，由表九可知，年齡層因子僅對外型評選指標具有顯著差異 ($p<.05$)，而平均值顯示較年長的受試者之滿意度高於較年輕者，推測應是較年輕的使用者較在意穿戴頭盔後，旁人的眼光與看法，故給予較低的滿意度評分，此結果



圖十 不同作業類型於不同季節下對頭盔總重量滿意度之影響 (資料來源：作者繪製)

表八 性別對評選指標滿意程度分析表

評選指標	男性 (272人)	女性 (60人)	總體 (332人)
散熱性程度***	2.10	2.53	2.18
汗水吸收程度***	2.20	2.81	2.31
頭盔總重量**	2.66	2.23	2.59
重量分布	3.15	3.06	3.14
合適度	3.36	3.62	3.41
視覺因子	4.11	3.86	4.07
說話及聲音因子	3.93	4.02	3.94
體積	3.98	4.20	4.02
外型	3.97	4.00	3.98

註：* $p<.05$ ；** $p<.01$ ；*** $p<.001$
資料來源：本研究整理

與前述之研究結果相同。^{63、64}

(三) 工作性質對評選指標滿意度之影響分析：現以單因子變異數分析來檢定工作性質之間的差異，由表十可知，工作性質因子對散熱性、汗水吸收程度、頭

盔總重量及重量分布等四項評選指標具有顯著差異 ($p<.05$)，平均值顯示各項顯著指標皆以作戰人員滿意度為最低而行政作業人員為最高，探究其因，應是任務關係，作戰人員主要肩負戰

表九 年齡對評選指標滿意程度分析表

評選指標	36-40歲 (22人)	31-35歲 (45人)	26-30歲 (118人)	19-25歲 (147人)	總體 (332人)	單因子變異數 分析結果
散熱性程度	1.95	2.22	2.21	2.18	2.18	n.s
汗水吸收程度	2.32	2.11	2.31	2.38	2.31	n.s
頭盔總重量	2.50	2.69	2.56	2.59	2.59	n.s
重量分布	3.50	3.18	3.18	3.05	3.14	n.s
合適度	3.82	3.36	3.31	3.45	3.41	n.s
視覺因子	4.50	4.29	4.05	3.95	4.07	n.s
說話及聲音因子	4.27	3.78	3.95	3.94	3.94	n.s
體積	4.32	4.04	4.07	3.93	4.02	n.s
外型	5.05 ^c	4.22 ^{bc}	4.11 ^b	3.63 ^a	3.98	***

註1：* $p<.05$ ；** $p<.01$ ；*** $p<.001$ ，n.s.:not significant

註2：英文字母：scheffe事後檢定，標示相同字母者，表彼此之間無顯著差異

資料來源：本研究整理

表十 工作性質對評選指標滿意程度分析表

評選指標	作戰人員 (223人)	後勤補給 (57人)	行政幕僚 (52人)	總體 (332人)	單因子變異數 分析結果
散熱性程度	2.08 ^a	2.25 ^{ab}	2.56 ^b	2.18	**
汗水吸收程度	2.17 ^a	2.39 ^{ab}	2.87 ^b	2.31	***
頭盔總重量	2.47 ^a	2.75 ^{ab}	2.92 ^b	2.59	**
重量分布	2.95 ^a	3.30 ^{ab}	3.79 ^b	3.14	***
合適度	3.33	3.72	3.40	3.41	n.s
視覺因子	4.17	3.84	3.88	4.07	n.s
說話及聲音因子	3.95	4.11	3.75	3.94	n.s
體積	4.06	3.86	4.02	4.02	n.s
外型	4.00	3.65	4.23	3.98	n.s

註1：* $p<.05$ ；** $p<.01$ ；*** $p<.001$ ，n.s.:not significant

註2：英文字母：scheffe事後檢定，標示相同字母者，表彼此之間無顯著差異

資料來源：本研究整理

63 同註36。

64 同註27。

備演訓之責，配戴頭盔時數較長且從事之工作體力負荷較大，相較其他兩工作類型人員而言，對頭盔之舒適性要求較高故滿意度較低。

伍、結論

本研究透過問卷調查，探討國軍人員對現行PASGT軍用頭盔之各項評選指標的重要性認知及滿意度評比，另亦探討靜態文書作業或動態戰訓作業之不同及各人口變項對滿意度之影響。在重要度方面，國軍人員對軍用頭盔的散熱性及汗水吸收性最為重視，體積及外型最不重視。在滿意度方面，對軍用頭盔的散熱性及汗水吸收性等指標最不滿意，而對體積大小一項較為滿意。

在不同季節與作業類型對滿意度影響方面，冬季時的頭盔滿意度高於夏季，靜態作業高於動態作業，在人口變項方面，男性受試者對於散熱性及汗水吸收性較不滿意，女性則對總重量較不滿意；較為年輕的受試者對頭盔外型滿意度較低；作戰人員對散熱性、汗水吸收性及頭盔總重量之滿意度低於另外兩類工作性質人員。

最後，重要度與滿意度模式分析結果亦顯示現行軍用頭盔的散熱性、汗水吸收性、頭盔總重量與重量分布屬於急需改進品質。綜合本研究調查結果可知，在我國夏季氣候條件下，現行軍規PASGT頭盔無法提供足夠

的穿著舒適性，建議相關研製單位在兼顧保護性之前提下，考量國軍人體計測資料庫及生物力學之運用，進一步探討頭盔重量及尺寸大小議題，以研製出較符合國人穿戴需求及頭型之頭部護具，以期使用人員具較高的穿著舒適度，進而提升滿意度與工作績效。

致謝

論文研究撰寫期間，承蒙國立臺灣藝術大學工藝設計學系林志隆主任提供問卷修正建議以及統計分析方法，俾使本論文更臻嚴謹完備。

作者簡介

石裕川博士，國立清華大學工業工程博士，現任國防大學管理學院運籌管理學系教授兼系主任，並為「軍事人因工程研究中心」負責人；曾為德國慕尼黑工業大學（TUM）與日本產業技術綜合研究所（AIST）訪問學者。

作者簡介

石穎浩上尉，國防大學管理學院運籌管理學系100年班，國防大學管理學院運籌管理學系碩士班106年班，現任職於陸軍第一地區支援指揮部管制科補給官。