

人工智慧輔助學前特殊需求幼兒感覺統合訓練與健康追蹤之應用探討

曾佳珍

美和科技大學護理系助理教授
國立彰化師範大學特殊教育博士

一、前言

人工智慧（Artificial Intelligence, AI）近年來在教育與兒童發展領域快速推展，特別是在支援自閉症、發展遲緩等特殊需求幼兒方面展現潛力。研究指出，AI、虛擬實境（Virtual Reality, VR）與大型語言模型（Large Language Models, LLM）等技術融合，有助於促進個別化學習與社交互動，改善自閉症兒童的社會溝通與認知發展（Voultsiou & Moussiades, 2025；Perry et al., 2024）。在感覺統合訓練（Sensory Integration Training, SIT）方面，SIT 結合足壓掃描與功能性近紅外線光譜儀（fNIRS）已證實能提升平衡控制與前額葉活化（Deng, Lei, & Du, 2023）。台灣也有研究顯示，家庭導向的 SIT 能促進發展遲緩幼兒的語言與認知發展，並減輕照顧壓力（Hsieh et al., 2020）。然而，AI 與穿戴式感測裝置的應用多集中於學齡階段，針對學前特殊需求幼兒整合 SIT 與健康追蹤的實踐仍處於起步階段（Adako et al., 2024；Voultsiou & Moussiades, 2025）。因此，本文將探討 AI 輔助 SIT 與健康追蹤在學前特殊需求幼兒中的應用潛力與挑戰，期望引發教育與療育界對此跨域議題的關注，並提供未來在台灣推動實務與研究的參考方向。

二、感覺統合訓練的現況與挑戰

感覺統合訓練是學前特殊需求幼兒常見的介入策略，其理論基礎源自 Ayres 所提出的感覺統合理論，主張透過結構化感覺刺激，強化神經整合與適應能力。雖具部分實證支持，SIT 在實務推動上仍面臨挑戰，特別是在學前與特殊教育領域。以下將從四個層面進一步探討其現況與困境：

（一）理論基礎雖具支持，實證規模與深度仍有限

感覺統合理論由職能治療學者 Anna Jean Ayres 所提出，強調透過有計畫的感官刺激，促進兒童神經系統的整合與動作協調功能。以此理論為基礎發展出的感覺統合訓練，近年已獲得部分實證支持。研究顯示，SIT 不僅能改善自閉症兒童的平衡功能與執行能力，還能促進前額葉皮質的神經活化（Deng, Lei, & Du, 2023）。此外，系統性文獻回顧也指出，SIT 對於兒童的語言、動作、社交互動及情緒調節具有正向影響（Camino-Alarcón et al., 2024）。然而，目前多數 SIT 研究樣本規模有限，介入設計與實施方式也存在高度異質性，導致難以建立一致的療效標準（Deng, Lei, & Du, 2023）。

（二）教保現場專業人力不足，成效評估困難

SIT 執行需仰賴受過訓練的職能治療師或專業教保人員，但目前在偏遠地區或資源較少的學校機構，仍存在人力短缺問題。此外，常見的感覺處理評估工具如感覺處理能力剖析量表（Sensory Profile, SP）或感覺處理評量表（Sensory Processing Measures）雖具信效度，但原多源自歐美語境，對華語幼兒的適用性仍須本土化調整（Lucas et al., 2023）。

（三）評估與訓練方式尚未在地化，實施具挑戰性

目前國內感覺統合訓練的課程設計與評估多源自國外體系，較少針對台灣幼兒的發展特徵與語言文化進行調適。泰國研究雖指出遊戲結合 SIT 有助改善自閉症學前兒童行為表現，但實施需高度仰賴家長與教師的配合與理解，顯示推動類似方案仍需專業與技術支持（Promprasert et al., 2023）。儘管 SIT 理論獲得國際重視，實務推動上仍面臨諸多挑戰，包括專業人力不足、評量工具不適用、家庭照顧壓力與教材缺乏在地化。這些問題限制 SIT 的穩定推展，也擴大療育資源的落差。未來若能導入人工智慧輔助系統，透過資料分析、即時回饋與遠距支援等方式，有望突破現有瓶頸，是重要的發展方向。

三、AI 技術在感覺統合與健康追蹤之應用

隨著 AI、穿戴裝置與感測技術的迅速發展，輔助特殊需求幼兒感覺統合訓練與健康追蹤的整合模式逐漸浮現。以下從四探討其應用潛力與初步成效：

（一）行為辨識與即時回饋機制

AI 姿態辨識技術（如機器學習結合視覺分析）能夠即時監測幼兒於訓練活動中的動作品質，例如坐姿、平衡與觸覺互動等。教師或家長即可收到具體回饋，低落動作或偏離訓練指南時可立即調整，提升訓練的精準性與一致性（Perry et al., 2024）。

（二）穿戴式感測與生理健康監控

隨著人工智慧與物聯網（IoT）技術的發展，穿戴式感測裝置已被廣泛應用於兒童的健康管理，特別是在自閉症類群障礙（Autism Spectrum Disorder, ASD）或其他神經發展異常族群中。這些裝置能即時偵測心率變異、皮膚電反應（Electrodermal Activity, EDA）、睡眠品質與動作強度，結合 AI 模型進行資料分析與異常辨識，協助教保人員與家庭照顧者進行即時調整與長期追蹤（Arbili et al., 2025）。穿戴式裝置特別具備長期紀錄與連續資料分析的潛力。例如，AI 輔助平台 CognitiveBotics 在一項為期 12 個月的研究中，成功追蹤 2-18 歲 ASD 兒童在社交、語言與感覺調節方面的變化，並提供結合生理數據與

行為觀察的可視化報告，支援教保人員判讀介入效果與幼兒反應（Atturu et al., 2025）。透過此類 AI 系統整合，情緒或壓力指標的預警與介入時機更為精準，對於學前特殊需求幼兒的早期療育與情境理解具重要意義。此外，Abd-Alrazaq 等人（2024）在一項系統性回顧與統合分析中指出，AI 結合穿戴裝置在壓力辨識與預測的平均準確率可達 0.856，顯示該技術在心理健康監測上具高度穩定性與潛在應用價值。

（三）AI 融合教學平台與虛擬互動情境

虛擬實境（VR）、擴增實境（Augmented Reality, AR）與社交機器人等互動平台，近年已逐漸應用於特殊教育場域，特別是在模擬感官刺激情境上展現出高度潛力。例如透過聲音、光線、觸覺等互動設計，提供沉浸式訓練體驗，能幫助兒童在較低壓的環境中進行感覺統合練習（Zhang et al., 2022）。相關研究發現，這些沉浸式技術可顯著提升自閉症兒童的注意力、動作反應與社交互動表現。Lyu 等人（2024）設計 AI 驅動的教育遊戲，結合轉換器（Transformer）模型分析面部表情與語音訊息，以即時回饋方式強化自閉症兒童的社交技能訓練。研究結果顯示，這類 AI 遊戲對於提升兒童的情緒理解與互動回應有正向效果。此外，Paneru（2024）進行的系統性回顧亦指出，結合 AR/VR、社交機器人與大型語言模型（LLM）的多模態系統，在提升兒童社交能力、語言理解與互動參與上具有跨技術整合優勢，對於感覺統合與健康介入亦有潛在應用價值。值得注意的是，Lee 等人（2025）開發的 Echo-Teddy 系統是一款結合 LLM 的社交教學機器人，其設計目的在於協助自閉症學生進行語言與互動練習。初步測試顯示，該系統在教師引導下可成功促進學生的語言輸出與情緒表達，展現未來可拓展至感覺統合訓練場域的潛力。

（四）系統整合與多模態資料分析

AI 可整合影像、語音與生理感測等多模態資料，透過演算法建立個別化介入模型。例如，結合影像辨識與皮膚電反應（EDA）的系統可分析幼兒對特定刺激的情緒與適應反應，進而提供教師與家長實用的調整建議。已有研究顯示，AI 輔助平台已在提升自閉症兒童的生活技能與溝通能力上展現成效（Perry et al., 2024）。AI 在感覺統合與健康管理上的應用展現出發展潛力，包括即時監控與回饋、健康與情緒量化追蹤、沉浸式互動提升參與動機，以及支援個別化療育的資料整合平台。

（五）應用 AI 融合感覺統合訓練與健康追蹤的初步實踐實例

以印度開發的 CognitiveBotics 平台為例，研究團隊透過 AI 遊戲互動與動畫式介入觀察 43 名自閉症兒童，歷時 12 個月的追蹤結果顯示，介入後兒童自閉症評量量表（CARS）評分顯著改善，且社交年齡與智力表現亦有明顯提升

（Atturu et al., 2025）。該平台同時整合行為分析、語音回饋與生理數據監控，形成一套全方位的感官訓練與評估工具。此外，Perry 等人（2024）所進行的系統性文獻回顧顯示，目前 AI 輔助科技在神經發展障礙兒童的日常支持中，已擴展至包括社交技巧訓練、生活技能介入與溝通促進等層面。此類應用除強化教保效能外，更能提供長期追蹤與介入性建議，為特殊教育與幼兒健康照護帶來嶄新的可能性。

四、學前幼兒應用上的限制與挑戰

人工智慧在特殊教育領域已展現初步成效，特別是在提升感覺統合訓練效率與健康監測精準度方面。然而，應用於學前特殊需求幼兒仍面臨多重挑戰。本文歸納出四項主要挑戰：

（一）年齡特性與資料不足

學齡前幼兒的感覺處理與認知發展階段呈快速變化，但目前大多 AI 研究對象集中於較大年齡層或學齡兒童（Perry et al., 2024），缺乏針對 3-6 歲幼兒的多樣化感官介入與長期追蹤資料。

（二）穿戴裝置與技術的適配性挑戰

儘管穿戴式感測器能監測壓力與情緒反應（如心率變異、皮膚電反應），但對特殊需求幼兒而言，舒適性、適齡性與感官敏感度仍是主要挑戰。自閉症幼兒常對觸覺刺激敏感，若裝置設計不良，易引發排斥或抗拒（Atturu et al., 2025）。此外，兒童身體尚在發展，長時間配戴可能限制活動或引起不適。若裝置缺乏良好人因設計，將導致資料中斷，影響 AI 模型的準確性（Arbili et al., 2025）。因此，應採用輕量柔軟、可調整的裝置，並結合遊戲化互動，提升配戴意願與資料品質。

（三）教保人員與家庭的技術接受度與數位落差

AI 輔助系統的實施須仰賴教師與家長的理解與配合。然而現場觀察與系統性回顧皆指出，教師與家長對 AI 技術的接受度不一，缺乏操作經驗與理解能力，尤其在偏鄉地區數位素養較低者更難導入（Perry et al., 2024）。此外，兒童對人工智能互動的行為反應與適應模式亦缺乏在地研究與設計依據。

（四）隱私與倫理議題尚待明訂

AI 系統涉及大量影像、語音與生理數據蒐集，需嚴謹考慮資料隱私與安全保護。現有研究指出，若未充分考量兒童的知情同意與資料用途透明性，AI 在特殊教育場域的使用可能引發倫理疑慮（Xing, 2024）。

五、政策與實務應用建議

為促進 AI 技術成功應用於感覺統合訓練與學前特殊需求幼兒之健康追蹤，本文建議從以下面朝著手：

（一）建構跨部會推動機制，制定幼兒 AI 教育策略

為將 AI 技術有效導入學前特殊教育與早療場域，政府應建立教育部、科技部與衛福部等跨部門協作機制。教育部自 2017 年起依據《因材網（TALP）》平台進行 AI 教育推廣，涵蓋中小學個別化學習工具與教師資源，為未來拓展至幼教建立實施基礎（張靖敏等，2022）。國科會亦於 2024 年發布《AI 基本法草案》，規劃資料治理與跨機關協調機制（Tseng, 2025）。建議以 TALP 為基礎設計學前專屬模組，並透過法規保障資料權益與系統標準化，以提升實務可行性並促進數位公平。

（二）推動跨域合作與在地試驗場域

在政策層面，建議教育部、科技部與衛福部共同合作，以政府或研究機構支援設立 AI 輔助感覺統合訓練試驗場域，包含特教學校或早療中心。這些機構可邀請特教教師、職能治療師、AI 工程師與家長共同參與協同設計流程，根據本土幼兒的需求開發符合情境的互動系統，以回應偏鄉或多元家庭實際需求。

（三）強化教保人員與家長的數位與 AI 素養

教保人員的 AI 素養與自我效能是其使用 AI 輔助科技的關鍵因素（Perry et al., 2024），建議教育部可在現行數位學習平台（如 TALP）中增設 AI 特教整合模組，提供教師與家長操作指南、教案範例與線上培訓機制，並設置偏鄉支援小組與遠距教學資源，以縮小數位落差。

（四）制定兒童資料隱私與倫理指引

鑒於 AI 系統需蒐集幼兒影像、語音與生理數據進行分析，若缺乏明確資料治理機制，容易違反兒童隱私與倫理原則。AI 基本法草案中已提出資料保護、隱私治理和 AI 使用透明性原則（Tseng, 2024）。建議政府進一步制定專屬兒童資料使用指引，包括匿名化處理、使用同意機制與機構審查制度，並定期審核與公開透明，以強化社會信任。

（五）鼓勵本土研究與臨床實證發展

由於目前學前特殊需求幼兒的 AI 輔助感覺統合訓練實證資料仍缺乏，建議政府投入研究計畫，針對 3-6 歲族群進行長期追蹤與療效評估。學界與教育實

務單位可合作建置本地化感覺統合訓練資料集庫，制定標準化協助介入指引與量化評估方案，並於定期審查時整合最新文獻與技術，以強化政策與實踐間的連結與可持續性。

六、結語

人工智慧為感覺統合訓練與健康追蹤注入創新可能，特別是在提升即時回饋、個別化訓練與資料分析等層面展現潛力。然而，針對學前特殊需求幼兒的應用仍面臨設備接受度、技術素養、隱私保障與本土化實證等挑戰。未來應透過跨部會合作與政策支持，推動在地試驗、AI 素養提升與資料治理制度，逐步建構具台灣適切性的整合應用模式，為特殊需求幼兒打造更具支持性的早期介入環境。

參考文獻

- 張靖敏、張道宜、劉雅萍、陳美瑩（2022）。因材網：教育部人工智慧知識結構分析診斷及適性學習平台之析論。《臺灣教育研究期刊》，3(1)，313-331。
- Abd-alrazaq, A., Alajlani, M., Ahmad, R., AlSaad, R., Aziz, S., Ahmed, A., ... Sheikh, J. (2024). The performance of wearable AI in detecting and predicting stress among students: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e52622. <https://doi.org/10.2196/52622>
- Adako, O. P., Adeusi, O., & Alaba, P. (2024). Revolutionizing autism education: Harnessing AI for tailored skill development in social, emotional, and independent learning domains. *Journal of Computational and Cognitive Engineering*, 3(4), 1-12, <https://doi.org/10.47852/bonviewJCCE42023414>
- Arbili, O., Rokach, L., & Cohen, S. (2025). Wearable sensors for ensuring sports safety in children with autism spectrum disorder: A comprehensive review. *Sensors*, 25(5), 1409. <https://doi.org/10.3390/s25051409>
- Atturu, H., Naraganti, S., Rao, B. R. (2025). Effectiveness of artificial intelligence-based platform in administering therapies for children with autism spectrum disorder: 12-month observational study. *JMIR Neurotechnology*, 4, e70589. <https://doi.org/10.2196/70589>
- Camino-Alarcón, J., Robles-Bello, M. A., Valencia-Naranjo, N., & Sarhani-Robles, A. (2024). A systematic review of treatment for children with autism spectrum

disorder: The sensory processing and sensory integration approach. *children*. 11(10), 1222. <https://doi.org/10.3390/children11101222>

■ Deng, J., Lei, T., & Du, X. (2023). Effects of sensory integration training on balance function and executive function in children with autism spectrum disorder: Evidence from Footscan and fNIRS. *Frontiers in Psychology*, 14, 1-17. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1269462>

■ Hsieh, H.-Y., Chen, L.-Y., Ko, K.-L., Liu, H.-H., Chou, W.-J., Chou, M.-C., Tsai, C.-S., & Wang, L.-J. (2020). Adjunctive sensory integration therapy for children with developmental disabilities in a family-based early intervention program. *Taiwanese Journal of Psychiatry*, 34(3), 121-127. https://doi.org/10.4103/TPSY.TPSY_26_20

■ Lee, U., Kim, H., Eom, J. Jeong, H., Lee, S., Byun, G., Lee, Y.,...Kim, H. (2025). *Echo Teddy: Preliminary design and development of large language model-based social robot for autistic students*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.04029>

■ Lucas, C. C., da Silva Pereira, A. P., da Silva Almeida, L., & Beaudry-Bellefeuille, I. (2023). Assessment of sensory integration in early childhood: A systematic review to identify tools compatible with family-centred approach and daily routines. *Journal of Occupational Therapy, Schools, & Early Intervention*, 17(3), 419-465. <https://doi.org/10.1080/19411243.2023.2203418>

■ Lyu, Y., An, P., Zhang, H., Katsuragawa, K., & Zhao, J. (2024). *Designing AI enabled games to support social emotional learning for children with autism spectrum disorders*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2404.15576>

■ Paneru, B. (2024). *The nexus of AR/VR, AI, UI/UX, and robotics technologies in enhancing learning and social interaction for children with autism spectrum disorders: A systematic review*. arXiv preprint. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.18162>

■ Perry, N., Sun, C., Munro, M., Boulton, K. A., & Guastella, A. J. (2024). AI technology to support adaptive functioning in neurodevelopmental conditions in everyday environments: A systematic review. *npj Digital Medicine*, 7(370), 1-14. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01355-7>

■ Promprasert, T., Yunibbhand, J., Choomchit, S., & Kittitarapun, W. (2023).

Effects of play and sensory integration on behavior problems of preschool children with severe autism spectrum disorder. *Thai Journal of Nursing and Midwifery Practice*, 9(2), 97-110. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/apnj/article/view/258529>

■ Tseng, J. P. Y. (2024). *Taiwan's national science and technology council has published the draft bill of the basic act on artificial intelligence for public consultation*. Asia Corporate Alert. Retrieved from https://www.klgates.com/Taiwans-National-Science-and-Technology-Council-Has-Published-The-Draft-Bill-Of-The-Basic-Act-On-Artificial-Intelligence-For-Public-Consultation-8-1-2024?utm_source=chatgpt.com

■ Tseng, K.-Y. (2025). *Taiwan's AI strategy and regulatory framework: National science and technology council's draft AI basic act*. Law.Asia. Retrieved from <https://law.asia/taiwan-ai-strategy-regulation-legal-framework/>

■ Voultziou, E., & Moussiades, L. (2025). *A systematic review of AI, VR, and LLM applications in special education: Opportunities, challenges, and future directions*. Education and Information Technologies. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13550-4>

■ Xing, N. (2024). Artificial intelligence to support children with autism. *Journal of AI-Powered Medical Innovations*. 2(1), 43. <https://doi.org/10.60087/vol2iissue1.p43>

■ Zhang, M., Ding, H., Naumceska, M., & Zhang, Y. (2022). Virtual reality technology as an educational and intervention tool for children with autism spectrum disorder: Current perspectives and future directions. *Behavioral Sciences*, 12(5), 138. <https://doi.org/10.3390/bs12050138>

