

第十八篇：

A Randomized Controlled Trial on Automated Vehicle Technologies for Drivers With Parkinson's Disease

研究目的彙整

本研究的核心目標在於**量化車內資訊系統（IVIS）與先進駕駛輔助系統（ADAS）對於巴金森氏症（PD）患者駕駛安全性（Driving Safety）的影響。**

具體研究目的可細分為以下幾個層次：

1. 評估自動化技術對駕駛錯誤的影響

- 減少駕駛錯誤：**探討啟動 IVIS（如：車道偏離警示 LDW、盲點偵測 BSM）與 ADAS（如：主動式車距調節巡航系統 ACC、車道轉向輔助 LSA）是否能顯著減少 PD 駕駛者在道路上的駕駛錯誤總數。
- 特定錯誤分析：**特別觀察這些技術在減少超速、車道偏離（Lane exceedances）及方向燈使用錯誤（Signaling errors）方面的成效。

2. 探究不同駕駛環境下的系統效能

- 環境對比：**比較在**郊區道路（Suburban roadways）與分向高速公路（Divided highway）**兩種不同駕駛環境下，自動化系統對駕駛表現的改善程度是否有差異。
- 速度維持與控制：**針對高速公路路段，量化分析系統開啟與否對維持車速一致性（包含中位數速度、峰值速度與速度標準差）的具體作用。

3. 分析個人特質與認知/動作能力對駕駛表現的交互作用

- **個體差異影響：**檢視受試者的人口統計學特徵（如年齡）以及臨床功能指標（如認知功能 MoCA 分數、運動能力 MDS-UPDRS 指標）如何影響在使用輔助技術時的駕駛錯誤率。
- **臨床指標預測：**探討如運動遲緩（Bradykinesia）、執行功能、視覺空間能力以及記憶受損等因素，在系統「啟動」與「關閉」狀態下，與駕駛表現之間的相關性。

根據您提供的研究目的，以下為本研究結果的詳細彙整：

1. 自動化技術對駕駛錯誤總數與環境之影響

研究證實，啟動車內資訊系統（IVIS）與先進駕駛輔助系統（ADAS）能顯著減少巴金森氏症（PD）患者的駕駛錯誤總數。然而，這種改善效果主要發生在**高速公路（Highway）路段，在郊區（Suburban）**路段則無顯著差異。

- **整體錯誤減少：**系統啟動時的錯誤總數顯著低於系統關閉時 ($p < .01$)。
- **高速公路路段：**系統（含 ACC）啟動後，顯著減少了錯誤次數 ($p < .01$)。
- **郊區路段：**系統啟動與否在錯誤次數上並無統計學上的顯著差異。

原文引用：* "The activation of IVIS and ADAS resulted in fewer driver errors."* "The findings indicate that ACC when activated (vs. deactivated) benefits drivers on the

highway section, but not in the suburban area."* "IVIS and ADAS reduced the total number of driving errors for PD drivers..."

2. 速度維持與特定駕駛錯誤

主動式車距調節巡航系統（ACC）在高速公路上發揮了關鍵作用，幫助駕駛者維持更穩定且合適的車速。

- **超速與低於車流錯誤：**在高速公路上，ACC 顯著減少了超速（Overspeeding）與車速過慢（Underspeeding）的錯誤 ($p<.05$)。
- **速度穩定性：**系統啟動後，中位數車速較高，且峰值（最高）車速較低，顯示駕駛表現更趨穩定。
- **其他錯誤：**系統啟動與否，對於車道偏離（如 Encroach 或 Wide 錯誤）或方向燈使用錯誤則無顯著影響。

原文引用：* "Specifically, adaptive cruise control reduced the number of speeding errors on the highway."* "The activated (vs. deactivated) ACC helped participants maintain more consistent and appropriate speeds, as shown by the higher median speed and lower peak speeds."

3. 個人特質（認知與運動能力）與系統啟動之交互作用

研究發現，在不同的系統狀態下（啟動 vs. 關閉），影響駕駛錯誤的臨床因素有所不同。

- 運動能力（運動遲緩）：
 - 在系統**關閉**時，上肢與下肢的運動遲緩（Bradykinesia）與駕駛錯誤呈顯著相關。
 - 在系統**啟動**時，這種相關性消失，顯示 ADAS 有助於彌補運動障礙帶來的駕駛影響。
- 認知能力（MoCA 指標）：
 - 在系統**關閉**時，**執行功能與視覺空間能力**受損與更多錯誤相關。
 - 在系統**啟動**時，****記憶功能（MIS 指標）****受損反而與更多駕駛錯誤呈顯著相關。這可能反映出在使用新技術時，記憶力衰退對操作與應對警示造成的挑戰。

原文引用：* "Bradykinesia correlated with driving errors with deactivated systems. Memory impairments correlated with the total number of driving errors with activated systems."* "Impairments in executive function and visuospatial ability were associated with more errors during system deactivation. ... but memory declines posed a challenge while using these technologies."* "These findings suggest that the IVIS and ADAS benefited the drivers with PD to help mitigate or curtail driving errors associated with upper and lower extremity bradykinesia."

根據您提供的研究目的與結果，以下彙整本論文於摘要及內文中提到的主要結論：

1. 自動化駕駛技術的整體成效

研究結論指出，啟動車內資訊系統（IVIS）與先進駕駛輔助系統（ADAS）能有效減少巴金森氏症（PD）駕駛者的路面駕駛錯誤。這種技術能提升 PD 患者的駕駛適能（Driver fitness），並改善其社區參與的移動能力。

- 原文引用："The activation of IVIS and ADAS resulted in fewer driver errors."
 - 原文引用："IVIS and ADAS reduced the total number of driving errors for PD drivers; ameliorated effects of individual variations..."
 - 原文引用："Technology-based interventions extend fitness to drive the abilities of drivers with PD, modify driver behavior, mitigate the PD-related factors affecting driving, and improve community mobility."
-

2. 特定系統（ACC）與駕駛環境的關聯

研究得出結論：主動式車距調節巡航系統（ACC）在高速公路駕駛中具有顯著益處，特別是在減輕 PD 駕駛者的認知負荷與車速控制方面。

- 原文引用："Specifically, adaptive cruise control reduced the number of speeding errors on the highway."
 - 原文引用："This is noteworthy as it indicates that ACC may mitigate the cognitive load which can result in speeding errors."
 - 原文引用："Thus, the activated ACC function mitigated the number of errors, particularly during the highway drive, and benefited drivers with PD."
-

3. 技術對個體差異（運動與認知功能）的彌補與侷限

研究結論強調，雖然自動化技術可以部分改善由運動遲緩（Bradykinesia）引起的駕駛困難，但**記憶功能衰退**是患者在使用這些技術時面臨的主要挑戰。

- **運動能力：**技術有助於減輕上肢與下肢運動遲緩對駕駛造成的負面影響。
 - **記憶挑戰：**記憶力下降可能導致駕駛者難以記住系統功能或難以適當回應警示。
-
- **原文引用：**"These findings suggest that the IVIS and ADAS benefited the drivers with PD to help mitigate or curtail driving errors associated with upper and lower extremity bradykinesia."
 - **原文引用：**"...but memory declines posed a challenge while using these technologies."
 - **原文引用：**"Moreover, although the effects of age, cognitive, and physical ability can be partially ameliorated by this technology, memory declines may challenge drivers with PD to use these technologies effectively."
-

4. 未來研究與臨床應用方向

研究結論提到，雖然技術具有潛力，但仍需要針對 PD 駕駛者設計專門的培訓計畫與改良系統介面。此外，對於晚期 PD 患者或接受進階治療（如深度腦部刺激）的駕駛者，其技術使用效果仍需進一步研究。

- **原文引用：**"These results, again, suggest that the use of ADAS and IVIS has benefits, but will require driver education, improved systems design, and careful planning to improve the safety of drivers with PD."
- **原文引用：**"Evaluation of advanced therapies including deep brain stimulation and Duopa... is unclear, and further studies in drivers with advanced PD are needed."

研究限制彙整

- **選樣偏差與代表性不足**：研究存在自願參加者的自我篩選偏差（Self-selection bias），且受試者僅來自單一主要的巴金森氏症治療診所，採用便利取樣方式。
 - **外部效度（推論性）受限**：人口統計學與地理因素限制了研究結果的普遍適用性。
 - **受試者心理因素**：部分潛在參與者對於參與實際道路駕駛研究存有疑慮或恐懼。
 - **納入標準限制**：研究團隊未將「是否曾使用過 IVIS 和 ADAS」列為參與研究的篩選標準。
 - **技術執行誤差**：有 37 名參與者的車道轉向輔助系統（LSA）未能成功啟動，這可能導致系統啟動期間的車道偏離錯誤次數比預期更多。
-

原文引用 (English Quotes)

- "Study limitations includes **self-selection bias, convenience sampling** from one major PD treatment clinic, **participants' apprehension** about participating in an on-road study, **demographic and geographic factors** that restrict the generalizability of the findings, and the researchers **not including IVIS and ADAS use as eligibility criteria**."
- "For **37 participants**, the **LSA system, was not active**. Although this may have resulted in more lane departure errors when the systems were active than would be expected..."

學術意義與價值

- **首項實證研究**：這是第一項提供實地研究證據，證明車內資訊系統（IVIS）與先進駕駛輔助系統（ADAS）對於改善巴金森氏症（PD）患者駕駛適能具有成效的研究。
- **跨領域技術整合**：研究採用了先進的感測技術、車輛運動學數據、計算機視覺模型以及專業駕駛復健專家（DRS）的臨床評估，以量化方式確認技術的功效。

- **深化認知交互邏輯：**本研究揭示了不同的認知領域（如記憶與執行功能）如何與駕駛輔助技術產生交互作用，特別是發現記憶力衰退在技術使用過程中可能成為新的挑戰。

原文引用："Such automated technologies... are now a reality and this study is the first to provide evidence for the efficacy of these in-vehicle technologies." "We have used state-of-the-art technology, kinematics, data from the on-board DRS, and team science to quantify the efficacy of IVIS and ADAS on driver fitness."

臨床應用意義與價值

- **延長駕駛生涯與移動力：**以技術為基礎的介入措施能延伸 PD 患者的駕駛能力，減輕因病造成的駕駛負擔，進而提升其社區參與和移動能力。
- **代償運動與認知缺陷：**ADAS（特別是 ACC）能有效代償患者的運動遲緩（Bradykinesia）與認知負荷問題（如處理速度、判斷間距等），協助其維持車速並融入車流。
- **引導駕駛復健與教育：**研究結果可作為開發 PD 專屬駕駛教育計畫的基礎，協助臨床人員規劃如何教導患者安全使用這些系統，並針對系統限制進行訓練。
- **改善系統設計參考：**為未來的車輛人機介面設計提供參考，特別是針對具有記憶挑戰的 PD 族群，需要更直覺或特殊的輔助設計。

原文引用："Technology-based interventions extend fitness to drive the abilities of drivers with PD, modify driver behavior, mitigate the PD-related factors affecting driving, and improve community mobility." "If the features are beneficial for drivers with PD, then

educational programs may be developed to keep them on the road longer and safer."...the activated ACC function mitigated the number of errors... so the driver with PD can overcome set-shifting, judging of gaps, memory recall, and processing speed demands..."