

# Richard Aslin 教授特邀演講 「嬰兒語言發展：如何透過神經科學方法 獲取更多行為以外的實證」學術活動紀實

李宇雯  
國立臺灣師範大學  
人類發展與家庭學系

洪宜芳  
國立臺灣師範大學  
人類發展與家庭學系

王馨敏\*  
國立臺灣師範大學  
人類發展與家庭學系

## 壹、序曲

民國 111 年 10 月 1 日，國立臺灣師範大學人類發展與家庭學系主辦「2022 兒童發展與家庭研究國際學術研討會」，邀請三位國內外在兒童發展與家庭研究領域的重要學者擔任特邀講者，帶來精彩的研究分享。其中，美國國家科學院院士 Richard N. Aslin 教授以近幾年他所做的實證研究成果，带大家從大腦神經科學的角度認識嬰兒語言發展。Aslin 教授是美國哈斯金實驗室傑出的研究科學家，也是耶魯大學兒童研究中心的教授，他在嬰兒發展相關領域有極大貢獻，包含知覺動作系統、語言發展和統計學習等，近幾年，他從行為研究方法擴展到 EEG（Electroencephalography）、fMRI（functional Magnetic Resonance Imaging）和 fNIRS（functional Near-Infrared Spectroscopy）神經影像量測。Aslin 教授獲頒多項重大獎項及榮譽，包含 APA（American Psychological Association）傑出科學貢獻獎（2014 年）以及 APS（Association for Psychological Science）終身成就導師獎（2015 年），並當選美國藝術與科學院院士（2006 年）和美國國家科學院院士（2013 年）。

\*本篇論文通訊作者：王馨敏，通訊方式：s.wang@ntnu.edu.tw。

## 貳、特邀演講內容

### 一、過去的研究：透過行為科學方法研究嬰兒發展

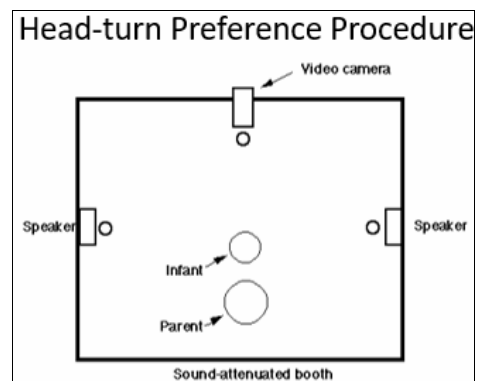
過去幾十年來，我們透過觀察嬰兒外顯行為表現來了解嬰兒的發展狀況，這些外顯行為包含從哭泣和臉部表情了解社會發展、透過吮吸反應評估學習能力、以伸手取物或抓握了解精細動作發展、觀察嬰兒由爬到走的轉變了解動作發展里程碑，而對於了解嬰兒發展貢獻最大的莫過於對嬰兒注視行為之關注（編按：即所謂的偏好注視典範）。注視典範有多種運用方式，例如對於臉孔的自然偏好（spontaneous preference）、對於重複呈現刺激的習慣化反應（habituation）、透過量測注視行為判斷學習成果等。過去研究者利用注視典範瞭解嬰兒的心理世界，也探索其是否具備知覺辨識、記憶、分類概念、空間概念、句法結構、心智理論等能力，Aslin 在 2007 發表的 “What’s in a look?” 這篇文章對於這個議題有完整的回顧<sup>1</sup>。

### 二、行為科學方法在語言發展的實證研究

以語言領域為例，轉頭偏好程序（head-turn preference procedure），又稱偏好聽覺典範（preferential listening paradigm），常被用來探究嬰兒語言發展。Aslin 教授解釋，轉頭偏好程序可以用來了解嬰兒是否能夠分辨不同聲音刺激，在此程序中，嬰兒由父母抱坐腿上，左右兩側各放置一個喇叭交替播放不同的聲音刺激，先由其中一側喇叭撥放聲音，喇叭旁的燈光會同時閃爍以吸引嬰兒轉頭注意，聲音持續撥放至嬰兒將頭轉開，研究者透過測量嬰兒轉頭注視兩側的時間長短，推論嬰兒是否能夠分辨不同聲音（如

圖 1

轉頭偏好程序



資料來源：Aslin 教授演講投影片

<sup>1</sup> 延伸閱讀：Aslin, N. R. (2007). What’s in a look? *Developmental Science*, 10 (1), 48-53.

圖 1 所示)。Aslin 教授接著以語音區辨 (discrimination of phonetical contrast)、聽覺統計學習 (auditory statistical learning)、語彙辨識 (spoken-word recognition) 三項研究議題具體說明如何利用轉頭偏好程序和偏好注視典範進行研究。

在語音區辨研究中, Werker 與 Tees<sup>2</sup>在 2007 年以此程序探究嬰兒是否能夠分辨成年人無法分辨其它未接觸語言中的細微語音差異, 研究結果顯示, 大約 90%七個月大嬰兒能夠辦到, 說明七個月大嬰兒是世界公民, 能夠分辨各種語言中的語音差異。

在聽覺統計學習研究中, Aslin 教授以嬰兒如何從一連串語音中斷字為例進行說明<sup>3</sup>。當嬰兒聽到 “Look at the pretty baby.”、“What is the little baby doing?”、“Bring your baby over here.” 三句話, 如何知道 baby 是一個單詞? Aslin 教授推論嬰兒是透過「統計學習 (statistical learning)」的認知機制來習得新詞彙。為探究此議題, Aslin 教授和同事自創由兩個字母組成一個音節的一連串無意義語音 (例如: tokibugikobagopilatipolutokibugikobagopilat), 其中有一些音節每次都會接連出現 (例如: pabiku, tibudo, golatu, daropi), 若嬰兒能夠根據輸入訊息的規則性來學習哪些特徵總是一起出現, 他們會將每次都接連出現的音節視為一個字, 在實驗中這些音節稱為真字。利用轉頭偏好程序, Aslin 等人發現, 八個月大嬰兒在聽到真字以及假字 (在實驗中沒有每次都接連出現的音節組成的字) 時的轉頭注視時間是不同的, 表示其能分辨真字和假字。由此推論, 八個月大嬰兒能利用統計學習能力, 在一連串語音流中進行斷字。

在語彙辨識部分, 可以透過量測注視行為推論嬰兒的語彙理解能力, 例如, 同時呈現蘋果和球兩張圖片並詢問嬰兒:「蘋果在哪裡?」, 如果嬰兒已具備此詞彙, 那麼倘若嬰兒一開始注視蘋果的圖片, 他們會持續注視蘋果圖片, 倘若嬰兒一開始非注視蘋果圖片, 在聽到語音訊息時會轉而注視蘋果圖片<sup>4</sup>。此外, Swingley 與 Aslin<sup>5</sup>以與真字差異較大的新詞為嬰兒從未見過的物體命名

<sup>2</sup> 延伸閱讀: Werker, J. F., & Tees, R. C. (2007). Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behavior & Development*, 7(1), 49-63.

<sup>3</sup> 延伸閱讀: Saffin, J. R., Aslin, N. R., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274(5294), 1926-1928.

<sup>4</sup> 延伸閱讀: Swingley, D., & Aslin, N. R. (2002). Lexical neighborhoods and the word-form representations of 14-month-olds. *Psychological Science*, 13(5), 480-484.

<sup>5</sup> 延伸閱讀: Swingley, D., & Aslin, N. R. (2007). Lexical competition in young children's word learning. *Cognitive Psychology*, 54(2), 99-132.

（如“meb”和“shang”），透過注視行為分析結果發現，相較於與真字差異小的新詞（如“tog”和“gall”），嬰兒可以較快學會與真字差異大的新詞與物體之配對，此現象與成年人相似。再者，Katherine 和 Aslin<sup>6</sup>的實驗也是以觀察注視行為探究嬰兒是否可以辨識錯誤發音的詞，研究結果發現 18 個月大的嬰兒在聽到 bleck 時也會注視著積木，表示他們判斷成人將 block 誤發音為 bleck。最後，Aslin 教授提及他們利用偏好注視典範探究語意關聯性是否影響嬰兒的詞彙學習，他們呈現兩組詞彙，一組為兩個語意不相關詞彙（如“milk”和“foot”），而另一組為兩個語意相關詞彙（如“milk”和“juice”），結果顯示，六個月大的嬰兒在語意不相關情境中，對目標詞彙圖片注視時間較長，顯示嬰兒較易區辨語意不相關的兩個詞彙。

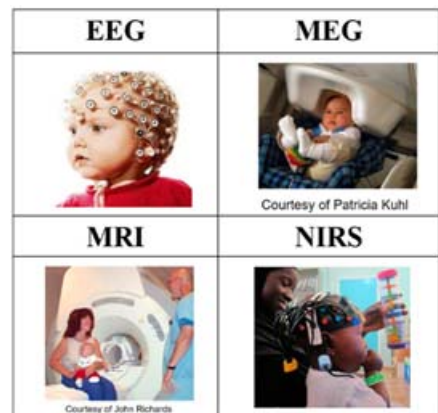
上述行為研究都試著以外顯行為來推斷大腦運作，行為產生之前會先有一連串的大腦機制在運作，動物或成人研究已提出許多理論說明大腦組織、功能以及控制行為的機制，然而，這些用於動物或成人的大腦研究工具無法直接套用於嬰兒研究中，Aslin 教授接著帶大家回顧目前適用於嬰兒大腦研究的工具。

### 三、新的趨勢：大腦神經科學的研究方法

可用來進行嬰兒研究的儀器包含腦波儀（Electroencephalography, EEG）、記錄大腦中磁場變化的腦磁波儀（Magnetoencephalography, MEG）、記錄大腦局部血流變化的核磁共振造影（Magnetic Resonance Imaging, MRI），以及同樣記錄大腦局部血流變化但成像原理不同於 MRI 的近紅外光譜儀（Near-Infrared Spectroscopy, NIRS），這四種工具各有優缺點（如圖 2 所示）。EEG 的優點是時間解析度佳，可詳細記錄時間的變化，儀器價格中等，而缺點是空間解析度較差，且易受運動偽影響而降低資料準

圖 2

嬰兒大腦研究工具



資料來源：Aslin 教授演講投影片

<sup>6</sup> 延伸閱讀：Katherine, S. W., & Aslin, N. R. (2011). Adaptation to novel accents by toddlers. *Development Psychology*, 14(2), 372-384.

確度；MEG 同樣擁有出色的時間解析度，其空間解析度比 EEG 略好，但儀器價格昂貴，也易因頭部動作而影響資料品質；MRI 具有好的空間解析度，可以涵蓋整個大腦區域，缺點是設備非常昂貴，且頭部必須固定，資料品質受到頭部動作的影響，且時間解析度差。NIRS 的空間和時間解析度適中、儀器價格適中、動作對資料品質影響度最小，嬰兒戴上收集訊號的帽子後，是可以四處走動的。

Aslin 教授認為，僅研究外顯行為，我們無法了解影響行為表現背後的機制，假設我們觀察到某種發展上質的變化（例如：從爬轉變到走），這可能源自於大腦產生一種新機制或新組織，也可能是舊神經機制更有效整合發揮功用；同樣地，倘若我們觀察到嬰兒六個月和十個月大時在行為上沒有差異，可能是大腦機制／組織沒有變化，也有可能是新神經機制取代了舊神經機制，只是行為上維持不變。究竟哪一個推論比較正確，無法單從行為研究得知，需透過大腦研究才能獲得答案。此外，大腦發展通常先於行為發展，因此大腦量測比行為量測能更早偵測到發展狀況，可以更敏感地用來進行早期診斷與治療介入成效的評估。

Aslin 教授接著以五個例子說明如何運用神經科學方法探究嬰兒語言發展：

- （1）運用事件相關電位（ERP）了解嬰兒語音辨識能力；
- （2）運用腦波頻率標記（EEG frequency-tagging）了解統計學習能力；
- （3）運用腦波儀（EEG）來解碼語彙辨識；
- （4）運用功能性近紅外光譜儀（fNIR）來了解語言發展；
- （5）運用功能性核磁共振造影（fMRI）來了解自然情境下的語言網絡。

## 四、EEG 在嬰兒發展研究的應用

最經典的 EEG 研究方法為事件相關電位（Event-Related Potential, ERP），於刺激材料重複隨機撥放時，記錄事件發生時大腦中的誘發電位反應，透過計算與事件相關的平均誘發電位反應，可以得到隨時間變化的平均腦波型態，稱為成分（component）。嬰兒戴上 EEG 帽子後，呈現經常和不經常發生的刺激，所謂異刺激典範（oddball paradigm），我們可以得到對應於標準刺激（經常發生）的平均腦波型態，以及對應於異常刺激（不經常發生）的平均腦波型態，將兩者相減後，得到一個差異波，可做為嬰兒能夠區辨不同刺激的能力指標。

透過此 EEG 經典方法，Kuhl 和 Rivera-Gaxiola<sup>7</sup>收集並計算七個月大嬰兒在區辨母語語音和非母語語音時的差異波，發現區辨母語語音時產生的差異波可以預測嬰兒後續的口語能力發展。

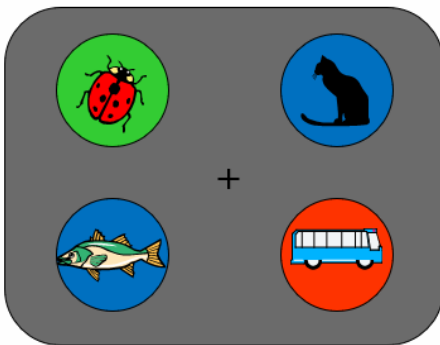
而腦波頻率標記是新進推出用以研究嬰兒語言發展的 EEG 研究方法，研究者讓同一類型的刺激材料（如不同的人臉）以區間方式重複出現，中間隔著數個不同類型的刺激材料（如水果、動物等），運用腦波頻率標記能夠找到一個代表人臉的腦波型態，Dawoon 等人在 2020 年即運用腦波頻率標記技術，採用前述聽覺統計學習的行為研究作業（延伸閱讀 3），找到了反應嬰兒聽覺統計學習能力的腦波型態<sup>8</sup>。

第三種 ERP 研究方法稱為多元解碼（multivariate decoding），源自於 fMRI 的視覺領域研究，研究者以隨機方式重複呈現兩種不同類型的視覺刺激（如瓶子和鞋子），以 fMRI 記錄這兩種不同類型刺激呈現時的大腦體素（voxels）活

化情形，透過機器學習（machine learning）技術找出每種刺激出現時大腦體素活化型態，並試著以大腦體素活化型態回推解碼呈現的是哪一類刺激。使用 EEG 也可以進行類似的分析，Aslin 研究團隊即以 EEG 成功地在成人，以及 12 至 15 個月大嬰兒身上找到代表不同類型視覺刺激的腦波型態，這些腦波型態在刺激材料呈現 200 毫秒後即可被監測到<sup>9</sup>，因此我們有可能從受試者的 EEG 訊號回推解碼呈現的是哪一類刺激，這樣的技術如何運用於語言發展研究呢？

### 圖 3

視覺世界典範



資料來源：Aslin 教授演講投影片

<sup>7</sup> 延伸閱讀：Kuhl, P., & Rivera-Gaxiola, M. (2008). Neural substrates of language acquisition. *Annual Review of Neuroscience*, 2008(31), 511–534.

<sup>8</sup> 延伸閱讀：Dawoon, C., Laura, J. B., Alexis, K. Black., & Janet, F. W. (2015). Preverbal Infants Discover Statistical Word Patterns at Similar Rates as Adults: Evidence From Neural Entrainment. *Psychological Science*, 31(9), 1161–1173.

<sup>9</sup> 延伸閱讀：Bayet, L., Zinszer, B. D., Reilly, Emily., Cataldo, J. K., Pruitt, Z., Cichy, R. M., Nelson, A. C., & Aslin, N. R. (2020). Temporal dynamics of visual representations in the infant brain. *Developmental cognitive neuroscience*, 45.

在 McMurray 與 Aslin 等人於 2022 年發表的研究中<sup>10</sup>，將 EEG 的多元解碼技術運用在口語研究，在進行 EEG 研究前，Aslin 團隊花了幾年時間以「視覺世界典範（visual world paradigm）」發現受試者在聽到口語詞彙時，很容易會犯首音錯誤（onset error），在眼動實驗中，播放“bug”一詞時，受試者會注視 bug 圖片（圖 3 中的綠色圈圈），有時也會先看 bus 圖片（圖 3 中的紅色圈圈）後再看 bug 圖片，然而很少會看向首音不同的詞（如“cat”和“fish”）（圖 3 中的藍色圈圈），這樣的研究結論適用於成人和嬰兒。以此研究結果為基礎，Aslin 團隊以成人為研究對象，刺激材料為 8 個目標字和 8 個目標非字，每個目標字或目標非字都有一個首音相同的混淆字，例如：badger（目標字）和 baggage（混淆字），受試者聽到“badger”1.25 秒後，螢幕上顯示“badger”和“baggage”兩個字，他們需要選出正確的詞。研究發現，在刺激撥放 0.25 秒後就能夠從腦波型態判斷出撥放的是目標字或是混淆字，一開始因為首音相同，所以腦波是重疊的，等到不一樣的聲音開始出現時，腦波型態便開始不同，這個成人研究支持運用 EEG 進行多元解碼之可行性，未來也能運用於嬰兒研究或臨床情境中，用來評估無行為能力者之語彙辨識能力。

## 五、fNIRS 和 fMRI 在語言發展研究的應用

fNIRS 是一種非侵入性的大腦成像技術，運用光學原理，將近紅外光穿透頭皮照射到大腦皮質區並記錄返回到頭皮表面的光子。大腦神經活動會導致局部的含氧血紅素變化，倘若這些光子經過正在產生神經活動的大腦皮層區域，會有較多的光被含氧血紅素吸收，進而有較少的光被反射回來，fNIRS 即藉由近紅外光被吸收的程度計算血流中含氧濃度變化並進而推估神經活動狀況。

早期的 fNIRS 研究著重於尋找大腦中處理不同類型刺激的區域，如 Peña 等人於 2003 年<sup>11</sup>利用 fNIRS 呈現，即便是嬰兒，其大腦在處理可理解的順向語音（forward speech）和不可理解的反向語音（backward speech）時，在負責處理

<sup>10</sup> 延伸閱讀：McMurray, B., Sarrett, E. M., Chiu, S., Black, K. A., Wang, A., Canale, R., & Aslin, N. R. (2022). Decoding the temporal dynamics of spoken word and nonword processing from EEG. *Neuroimage*, 260.

<sup>11</sup> 延伸閱讀：Peña, M., Maki, A., Kovačić, D., Dehaene-Lambertz, G., Koizumi, H., Bouquet, F., & Mehler, J. (2003). Sounds and Silence: An Optical Topography Study of Language Recognition at Birth. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(20), 11702–11705.

聽覺語言的左側顳葉皮質區會產生最大的活化差異。除了探測大腦局部神經活動，Zinszer 和 Aslin 等人於 2017 年<sup>12</sup>以成人為受試者呈現八種不同的視覺刺激（兔子、熊、貓、狗、嘴巴、腳、手、鼻子），透過機器學習算則，成功地利用前述多元解碼技術，由 fNIRS 紀錄的神經活動型態回推解碼呈現的刺激，平均解碼正確率為 70%。Emberson 等人在 2017 年<sup>13</sup>以嬰兒為研究對象，同樣地透過機器學習算則，運用多元解碼技術，從 fNIRS 紀錄的神經活動回推解碼呈現的刺激，解碼準確率可達 72%，顯示多元解碼技術不僅可以用於嬰兒 EEG 研究，也適用於嬰兒 fNIRS 研究。

早期的 fMRI 嬰兒研究也是著重於尋找大腦中處理不同類型刺激的區域，如 Dehaene-Lambertz 等人於 2002<sup>14</sup>對兩個月大熟睡嬰兒進行研究，研究結果與上述 fNIRS 相似，發現在處理可理解的順向語音和不可理解的反向語音時，左側顳葉皮質區會產生最大的活化差異，與成人的大腦運作相似。Aslin 教授補充，針對清醒嬰兒進行 fMRI 研究非常困難，因此大多數 fMRI 研究以熟睡嬰兒為對象，有其侷限性，例如無法探究嬰兒的視覺相關能力。即便如此，耶魯大學學者 Ellis 等人在 2020<sup>15</sup>以清醒嬰兒為研究對象，平均而言，每個嬰兒可以取得大約 10 分鐘的良好數據，同一群研究者在 2021 年的研究中即以 fMRI 來研究清醒嬰兒大腦的視覺統計學習能力<sup>16</sup>，顯示海馬迴與嬰兒視覺統計學能力有關。

除了探究大腦局部區域活化狀態，也可探究大腦區域之間的神經網絡連結性，並據此建立神經網絡預測模型（Connectome-Based Predictive Modeling）來預測行為反應。例如 King 等人在 2021<sup>17</sup>以 fMRI 測量五至八個月大睡眠嬰兒的

<sup>12</sup> 延伸閱讀：Zinszer, B. D., Bayet, L., Emberson, L. L., Raizada, R. D., & Aslin, R. N. (2017). Decoding semantic representations from functional near-infrared spectroscopy signals. *Neurophotonics*, 5(1).

<sup>13</sup> 延伸閱讀：Emberson, L.L., Zinszer, B.D., Raizada, R.D.S., Aslin, N. R. (2017). Decoding the Infant Mind: Multivariate Pattern Analysis(MVPA)Using fNIRS. *Public Library of Science*, 12 (4).

<sup>14</sup> 延伸閱讀：Dehaene-Lambertz, G., Dehaene, S., & Hertz-Pannier, L. (2002). Functional Neuroimaging of Speech Perception in Infants. *Science*, 298(5600), 2013–2015

<sup>15</sup> 延伸閱讀：Ellis, C. T., Skalaban, L. J., Yates, T. S., Córdova, N. I., Turk-Browne, N. B., & Bejjanki, V. R. (2020). Re-imagining fMRI for awake behaving infants. *Nature Communications*, 11 (1).

<sup>16</sup> 延伸閱讀：Ellis, C. T., Skalaban, L. J., Yates, T. S., Córdova, N. I., Turk-Browne, N. B., & Bejjanki, V. R. (2021). Evidence of hippocampal learning in human infants. *Current Biology*, 31 (15), 3358–3364.

<sup>17</sup> 延伸閱讀：King, L. S., Gotlib, I. H., Camacho, M. C., Montez, D. F., & Humphreys, K. L. (2021). Naturalistic language input is associated with resting-state functional connectivity in infancy. *Journal of Neuroscience*, 41(3), 424-434.



神經網絡連結性，發現負責處理語言的後側顳葉（posterior temporal network）神經網絡連結性強度和嬰兒在日常生活中經歷的交談輪替數（vocal turn-taking）有顯著正相關。在 2021 年，Sanchez-Alonso 和 Aslin<sup>18</sup>分析 fMRI 大型資料庫數據，發現 6-18 歲受試者在休息和看電影時，其大腦神經網絡連結具有差異性，由神經網絡連結強度可回推解碼受試者當時是在休息或者看電影，解碼準確率達 89%，這個研究顯示自然觀看情境（naturalistic viewing）是探究大腦如何運作的極佳方式。Aslin 教授繼續列舉其他運用相同取向的研究，例如 Vanderwal 等人在 2019<sup>19</sup>探究成人共同觀看影片時大腦活化的同步性，而 Fishell 等人 2019 年的研究<sup>20</sup>不僅發現成人共同觀看影片時的大腦同步性，更進一步分析出影片中的不同視覺刺激出現時，負責處理這些視覺刺激的大腦區塊。Aslin 教授也分享兩週後即將在波士頓舉行的 fNIRS 會議上的研究發表，實驗過程是讓英語為母語的成人重複觀看相同的影片，但搭配不同語言語音（英語、西班牙語），研究結果發現，大腦活化型態與連結方式會因聽到的語言不同而有所差異。

## 六、運用於特殊群體的神經測量方法

在演講的最後，Aslin 教授以幾個研究為例說明如果有一群受試者無法透過外在行為反應了解他們的發展，那麼神經科學方法的運用便很重要。首先，Emberson 等人在 2017<sup>21</sup>以六個月大嬰兒為研究對象，讓其先學習聽到聲音會看到圖片，在測試階段，有 80%的比例圖片還是緊跟著聲音出現，但有 20%的比例圖片被隨機省略。研究結果顯示，由於嬰兒已學會預測圖片會緊跟著聲音出現，即便圖片沒有出現，大腦顳葉皮層區一樣會出現神經活動（編按：稱為預測訊號）；然而，早產兒族群並未顯現這樣的預測訊號，這也許是早產兒發展傾向於落後足月兒的風險因素之一。Aslin 教授緊接著提及，他與臺灣研究者曾

<sup>18</sup> 延伸閱讀：Sanchez-Alonso, S., & Aslin, R. N. (2022). Towards a model of language neurobiology in early development. *Brain and Language*, 224, 105047.

<sup>19</sup> 延伸閱讀：Vanderwal, T., Eilbott, J., & Castellanos, F. X. (2019). Movies in the magnet: Naturalistic paradigms in developmental functional neuroimaging. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 36, 100600.

<sup>20</sup> 延伸閱讀：Fishell, A. K., Eggebrecht, A. T., Culver, J. P., Burns-Yocum, T. M., & Bergonzi, K. M. (2019). Mapping brain function during naturalistic viewing using high-density diffuse optical tomography. *Scientific Reports*, 9(1), 11115.

<sup>21</sup> 延伸閱讀：Emberson, L. L., Boldin, A. M., Riccio, J. E., Guillet, R., & Aslin, R. N. (2017). Deficits in Top-Down Sensory Prediction in Infants At Risk due to Premature Birth. *Current Biology*, 27 (3), 431–436.

志朗以及王馨敏合作發現，六個月大嬰兒大腦中的預測訊號與他們 12 個月大和 18 個月大的表達性詞彙發展有顯著正相關<sup>22</sup>。更有趣的是，我們發現<sup>23</sup> 12 個月大的親子共讀活動與嬰兒同時期的的大腦預測訊號有正相關，而大腦預測訊號強化了親子共讀和表達性詞彙語言發展間的連結。

上述的親子共讀研究顯示，倘若針對互動中的大腦進行研究，將非常具啟發性，Piazza 等人在 2020 年<sup>24</sup>即以親子對為研究對象，在母親和嬰兒互動時以 fNIRS 量測大腦同步狀況，以瞭解父母和嬰兒在互動時大腦訊號的相關性，此大腦同步性是否與後續行為發展間有著關聯性，很值得後續研究探討。在演講結束前，Aslin 教授列舉了一些針對特殊族群的認知神經科學研究，例如 Arredondo 等人在 2022<sup>25</sup>運用 fNIRS 發現 6 至 10 個月大雙語嬰兒，相較於同月齡的單語嬰兒，在負責處理視覺注意力左額葉腦區有較強的神經。

## 參、尾聲

在精彩演講的尾聲，Aslin 教授總結，嬰兒語言發展的行為研究擁有悠久、輝煌和富有成效的歷史，而嬰兒認知神經發展的研究讓我們得以更進一步瞭解與這些行為發展相關的神經機制。過去 EEG、fMRI 和 fNIRS 的技術常被使用在成人研究中，這些技術在嬰兒研究中存在著一些限制，比如嬰兒無法長時間專注於刺激物，近期的研究顯示將刺激置入在影片中，是一種可以克服此限制的方式，而這些發現為特殊族群的研究（例如嬰兒、發展障礙幼兒等）開啓了新的機會。

邀稿日期 2022 年 11 月 1 日

<sup>22</sup> 延伸閱讀：Wang, S., Zhang, X., Hong, T., Tzeng, O. J. L., & Aslin, R. (2022). Top-down sensory prediction in the infant brain at 6 months is correlated with language development at 12 and 18 months. *Brain and Language*, 230.

<sup>23</sup> 延伸閱讀：Wang, S., Tzeng, O. J., & Aslin, R. N. (2022). Predictive brain signals mediate association between shared reading and expressive vocabulary in infants. *PloS one*, 17(8).

<sup>24</sup> 延伸閱讀：Piazza, E. A., Hasenfratz, L., Hasson, U., & Lew-Williams, C. (2020). Infant and Adult Brains Are Coupled to the Dynamics of Natural Communication. *Psychological Science*(0956-7976), 31(1), 6–17.

<sup>25</sup> 延伸閱讀：Arredondo, M. M., Aslin, R. N., & Werker, J. F. (2022). Bilingualism alters infants' cortical organization for attentional orienting mechanisms. *Developmental Science*, 25(2).