

## 認知神経科学への興味：論文紹介

2021年3月-3

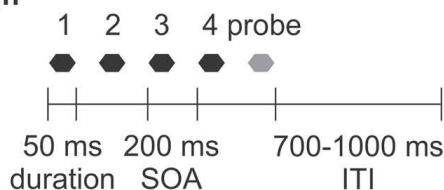
Hsu, Y.-F. et al. Human brain ages with hierarchy-selective attenuation of prediction errors. *Cereb. Cortex*, 31:2156-2168, 2021.

この論文は、レベル (local, global) の異なる 2 つの予測誤差への脳波の反応が、加齢 (≧ 55 years old senior, adult, adolescent) によってどのような影響を受けるかを検討した。

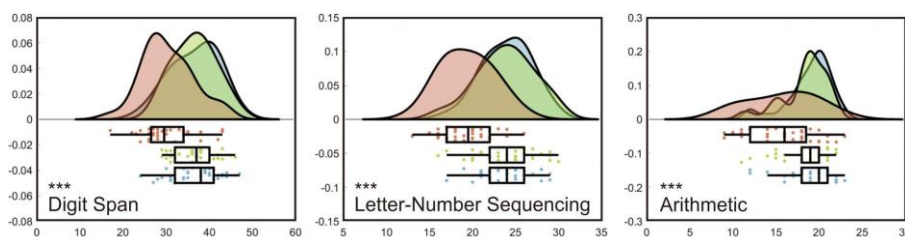
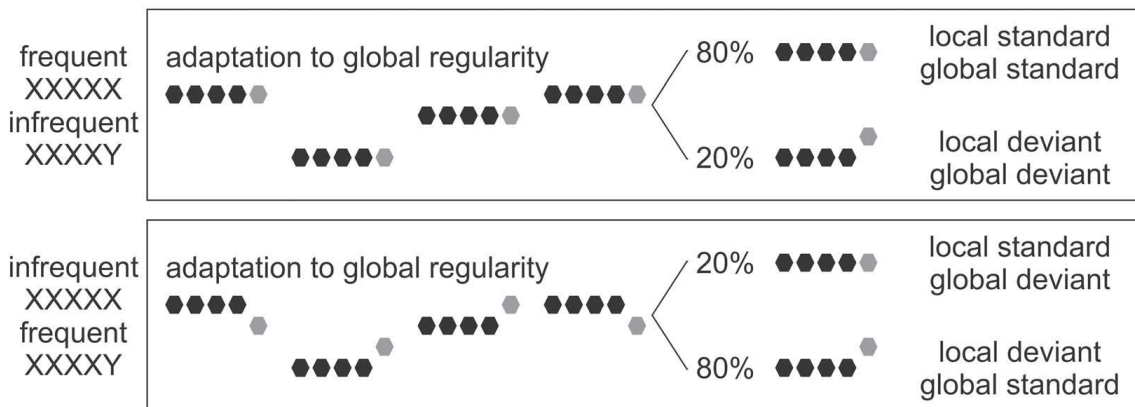
刺激は C4-B4, 1 オクターブ上の C5-B5 の 14 の音である。上図 A にあるように、刺激は連続する同じ高さの 4 つの音と、5 つ目の probe よりなる。Probe 刺激は音の高さが同じ場合と、変化する場合がある。上図 B の上のブロックでは、それぞれの高さは異なるが、同じ高さの 5 音が 4 回提示され、最後の 5 音に関しては、80% は同じ高さの 5 音、20% は最後の音の高さが変化した (上が local standard, global standard, 下が local deviant, global deviant である)。下のブロックでは、5 音の最後の音の高さが変化する刺激を 4 回提示し、最後の 5 音に関しては、20% が高さの変化のない 5 音、80% は最後の音の高さが変化した (上が local standard, global deviant, 下が local deviant, global standard である)。参加者は

頻度の低い試行の同定とブロック内の頻度の低い試行の数を数えることが求められた。さらに、3 つの working memory 課題, digit span, letter-number sequencing, arithmetic が計測された。下図が結果で、senior の成績が悪い。

### A Trial design

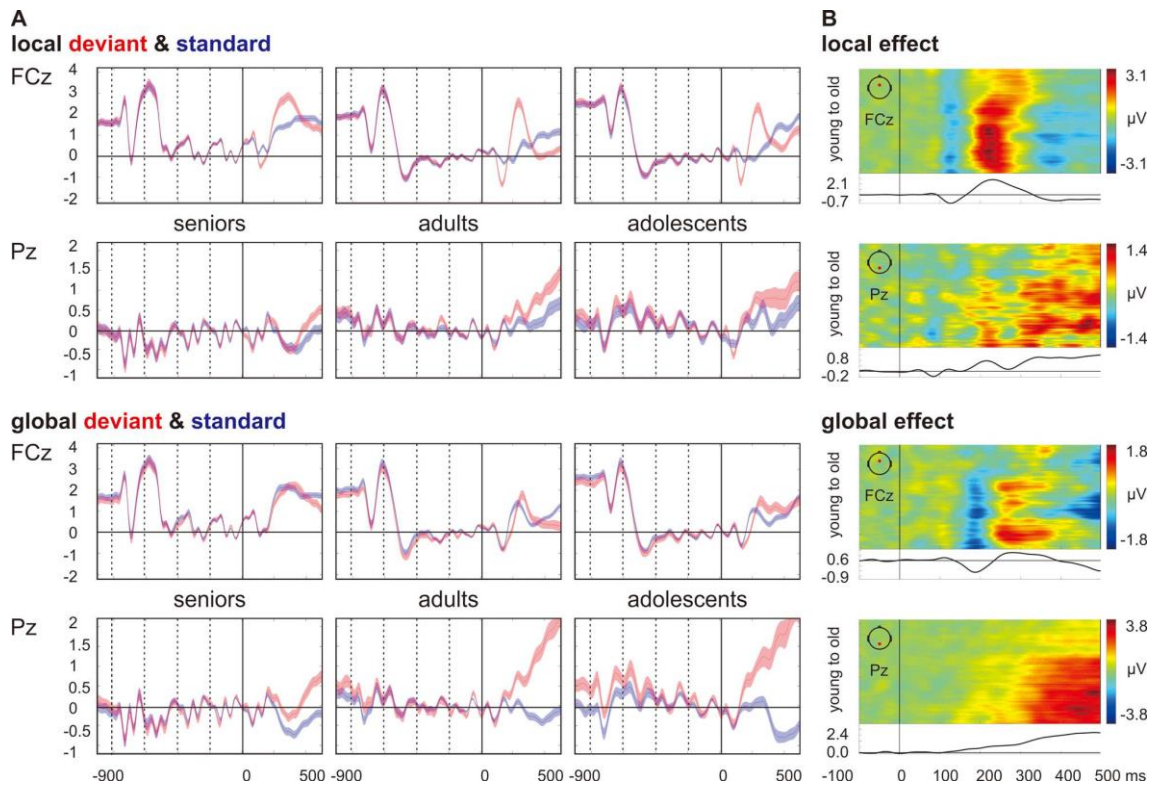
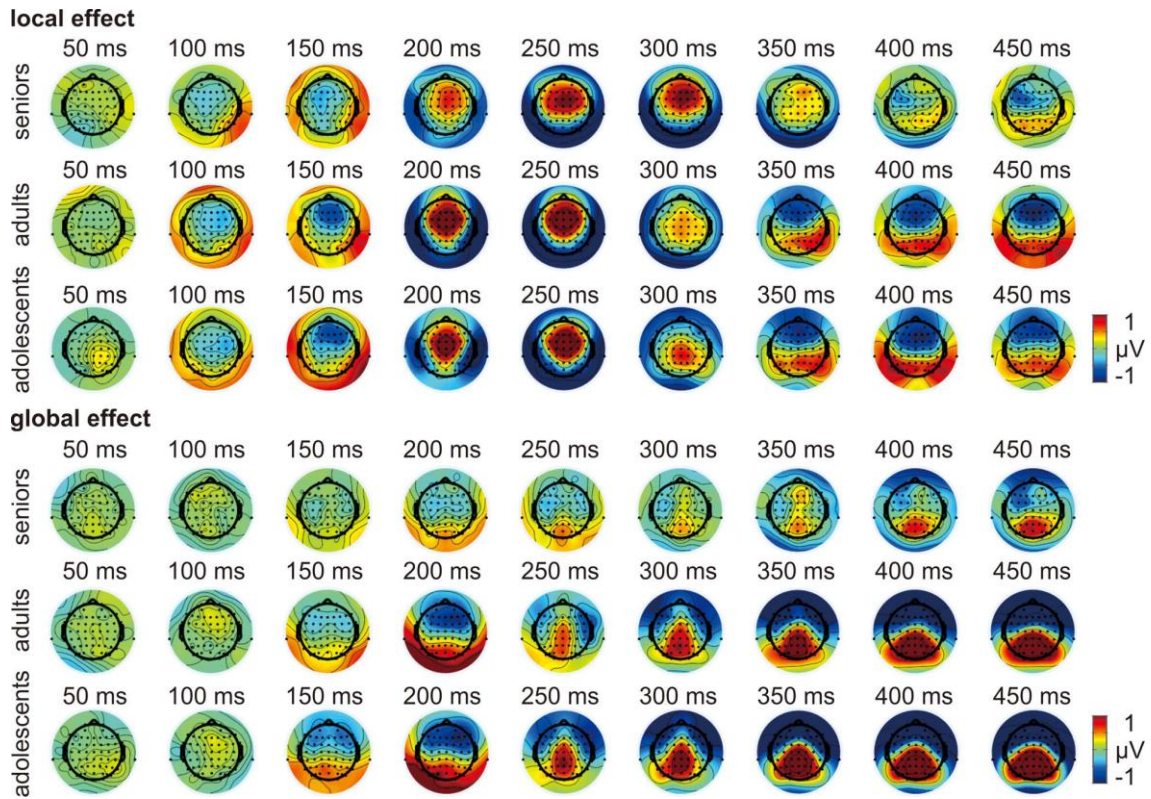


### B Block design



ピンク:senior  
 緑:adult  
 青:adolescent

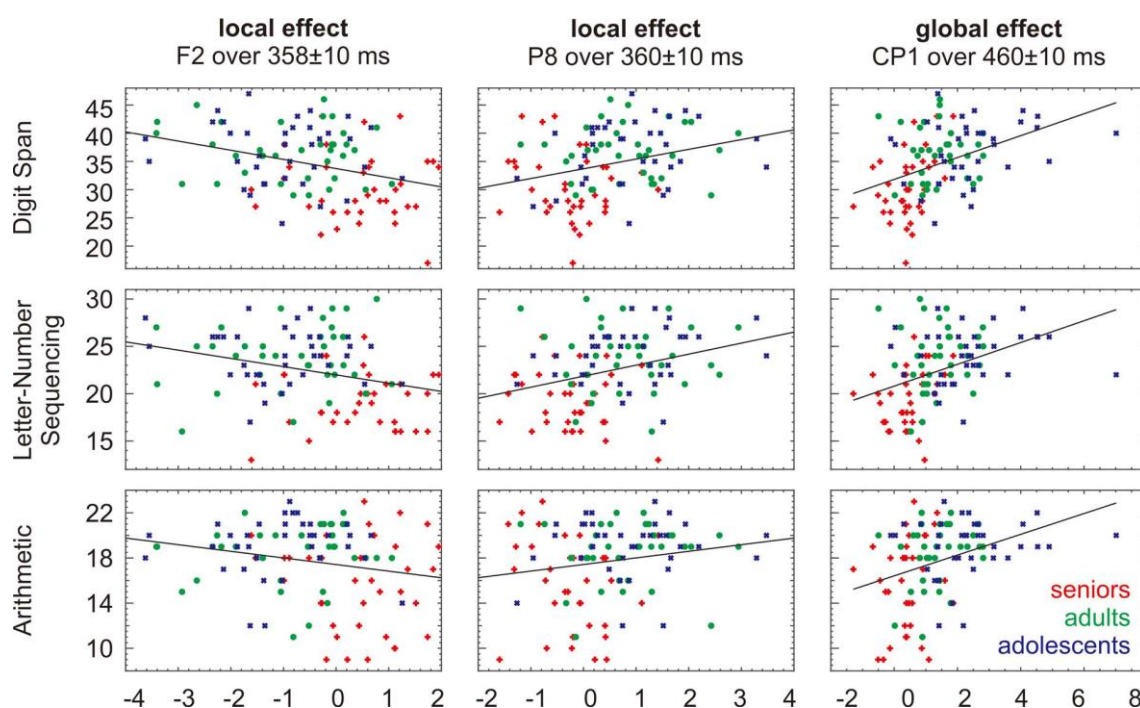
2つの行動の結果については、いずれも senior は adult, adolescent より成績が悪く、adult と adolescent には有意な差がなかった。



前ページの上図は脳波の結果で、上が local, 下が global effect である (deviant-standard)。一般的に、adult と adolescent は類似しているが、senior はそれらと異なる傾向があった。Local effect としては、前頭中央部の 100-150 ms の負電位 (MMN)、200-300 ms の正電位 (P3a)、350-450 ms の負電位 (reorienting negativity, RON) がみられた。Global effect としては、200 ms あたりの前頭中央部の負電位、250-450 ms の頭頂部の正電位 (P3b) がみられた。

前ページ下図 A は、3 群の FCz と Pz における、local deviant と standard (上)、global deviant と standard (下) の波形である。いずれも deviant が赤、standard が青で表示されている。前ページ下図 B は deviant-standard の結果を参加者 (年齢、x 軸) と時間 (y 軸) の 2 次元で表現したもの。上が local, 下が global effect の結果。Local effect では、senior の FCz では、350-450 ms の負電位 (RON) がみられない。また、global effect では、senior の FCz で 200 ms の負電位、Pz で 250-450 ms の正電位 (P3b) がみられない。

その後、cluster-based permutation statistics による分析が行われているが、理解できなかったので省略する。論文の結論に影響しないと思うが、詳しく知りたい方は論文をお読みください。



最後に 3 つの working memory, WM 課題と、local effect (F2, P8)、global effect (CP1) の大きさとの相関が示されている (詳細は論文を参照ください)。P8 の arithmetic と local effect を除いて、有意な相関がみられた。Local effect では、WM の成績が悪いと RON (前頭中央部の負電位と頭頂部の陽電位) が小さい。Global effect では、WM の成績が悪いと、P3b が小さい。Stepwise multiple linear regression の分析で、F2 の local effect (RON の前頭の負電位) は digit span, P8 の local effect (RON の頭頂部の陽電位) は letter-number

sequence の成績が、CP1 の global effect (P3b) は digit span の成績が関係していた。

これらの結果は、local deviancy detection では、MMN や P3a では加齢の影響がみられず、sensory (first-order) prediction error の検出や orientation は保たれていることを示した。RON は加齢により、deviant の検出から課題の遂行（課題の成績は senior の方が悪い）へ refocus するより一般的な機能が影響を受けたと考えられた。一方、global deviancy detection に関しては、P3b が加齢により contextual (second-order) prediction error の検出が影響を受けた。そして、これらの加齢の影響の背後には、加齢による WM の衰えがあると考えられた。ということで、加齢はより高次の contextual レベルの prediction error の処理に影響を与えると考えられた。