

## 認知神経科学への興味：論文紹介

2021年1月-3

Toren, I. et al. Prediction errors bidirectionally bias time perception. *Nat. Neurosci.*, 23:1198-1202, 2020.

この論文は、+/-の予測誤差 PE+/PE-がそれぞれ時間知覚の増加/減少の影響を与えるが、この interaction は PE と時間知覚の両者に関する線条体（被殻）で起こることを示した。

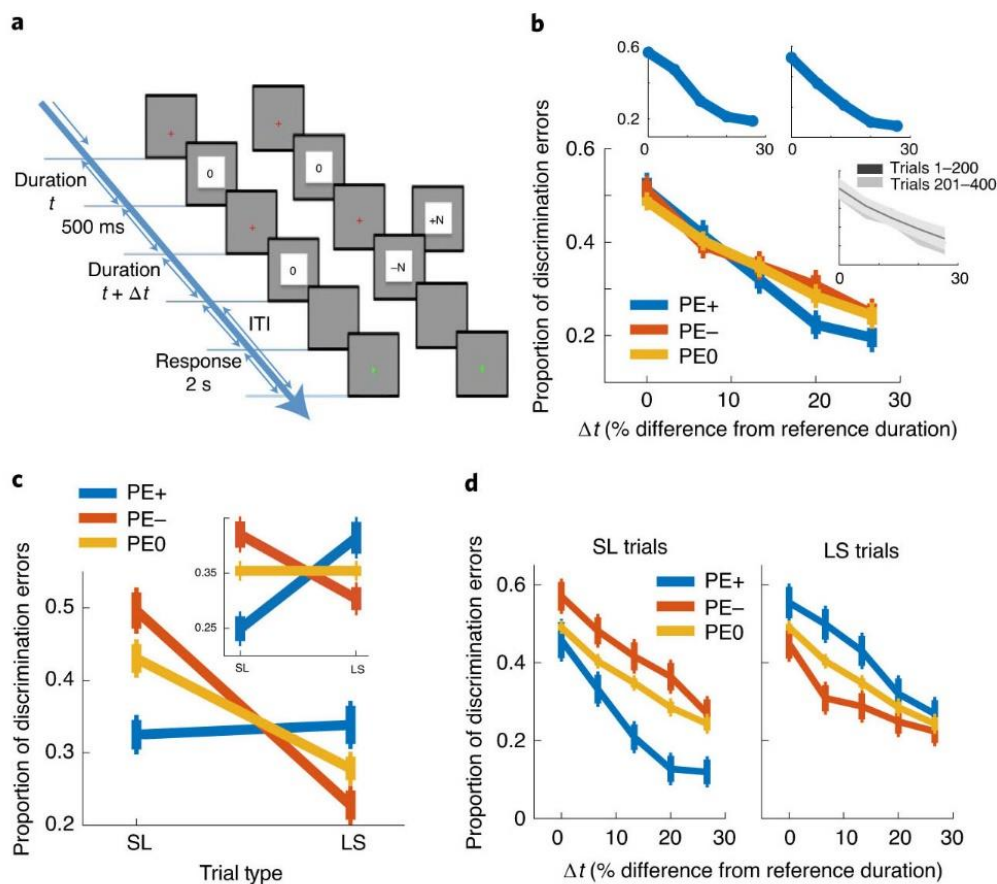
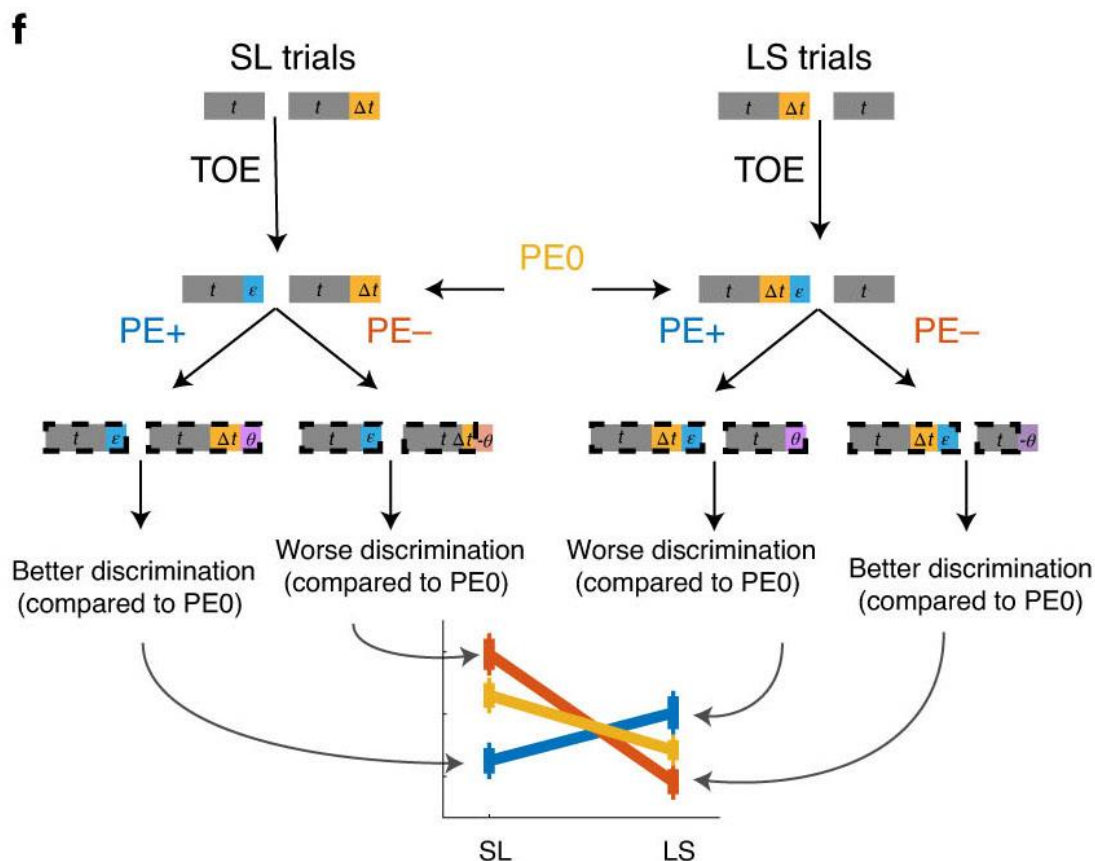


図 a は時間弁別の課題である。行動だけの実験と fMRI の脳計測の実験がある。いずれ画の実験でも、長さが異なる 2 つの刺激が順次提示され、いずれの刺激が長いかわかる。刺激の一方は 500 ms で、もう一方は  $500 + \Delta t$  ms で、 $\Delta t = 0-133$  ms で変化する。500 ms の弁別閾は 75-100 ms であるので、閾値付近とそれ以下の時間弁別を行う。刺激には 0, +N (+PE), -N (-PE) の数字が書かれている。行動実験では、N は -5 - +5 (0.5 step), fMRI 実験では -2, 0, +4 である。最初の刺激は常に 0 で、2 番目の刺激は -PE, 0, +PE になっている。これらは時間弁別の成績とは関係なく提示され、-PE, 0, +PE 試行の割合は、行動実験では 20%, 60%, 20%, fMRI 実験では 10%, 80%, 10% だった。

図 b-d は行動の結果で、 $\Delta t$  が増えれば、時間弁別のエラーが減少した。図 c, d の SL, LS 試行は、それぞれ、短い刺激 S が先行するか、長い刺激 L が先行するかの違いである。図 c は PE のタイプと試行のタイプの関係で、細かい統計的分析は論文に譲るが、交互作用がみられる。図の中の小さな図は TOE (time-order error. SL, LS 試行で最初の刺激を長いと感じるエラー) の影響を補正したもので、PE 間に差はなく、交互作用が有意である。図 d は

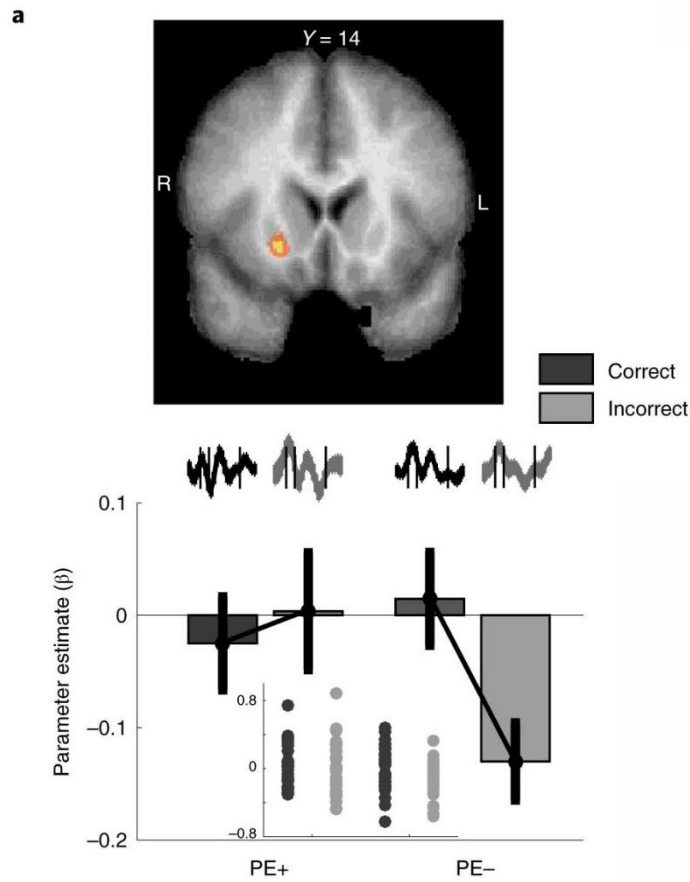


各  $\Delta t$  と各 PE タイプのエラー率の変化である。図は載せないが、x 軸を  $\Delta t$  の代わりに閾値 JND 単位にしても同じ結果だった。

上の図は時間差  $\Delta t$ , PE ( $\theta$ ), TOE ( $\epsilon$ ) によるモデルによる、PE-time bias の説明である。PE+では $+\theta$ 、PE-では $-\theta$ となる。その後、モデルを数式で表現し、それが実際のデータに良く適合することを示した。残念ながら、わたしの理解を越えていたので、その部分は省略する。論文を参照ください。

次ページの図 a は、PE と時間知覚の interaction が被殻で起こることを示した (背側前部帯状皮質のデータもあったが、省略する)。図で PE のタイプと正誤反応が interact した。PE+で被殻の活性は、正反応で低下、誤反応で上昇し、誤>正となり、一方、PE-で比較の活性は正反応で上昇、誤反応で低下し、正>誤となった。次ページ図 b は、x 軸は (PE+, 正) - (PE-, 正) と y 軸は (PE+, 誤) - (PE-, 誤) の被殻の活性で、有意な正の相関があった。これも PE と正誤の反応が、被殻で起こっていることを示す。図 b の左は、省略したモデルに基づく PE value で (別の図より拝借)、x 軸は (PE+, 正) - (PE-, 正)、y 軸は

(PE+, 誤) - (PE-, 誤) で、被殻の活性と同じように正の相関があった。



なお、論文の数式 10 は完結していないようにみえたので、それに関連する部分は省略した。

理解できなかったところもあり、分かったと思われる部分のみ紹介した。説明が十分ではありませんので、詳しくは論文をお読みください。

