

# テーマ別基礎ゼミ 神経科学グループ02

藤田 一寿

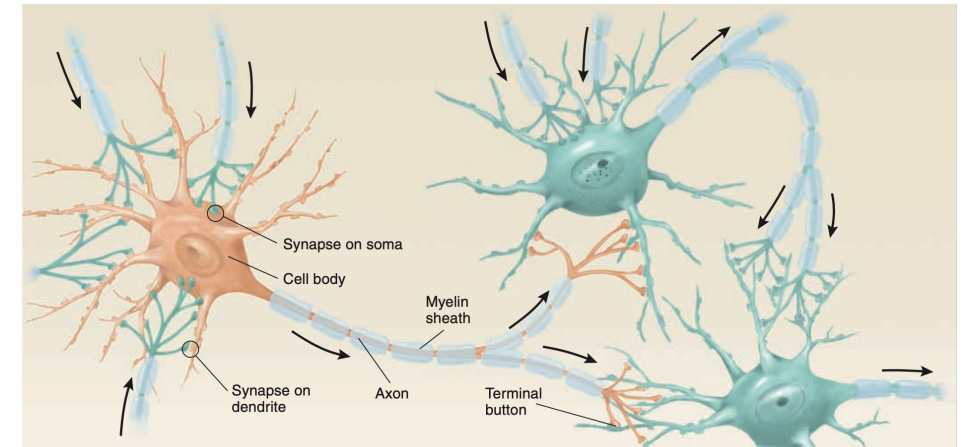
シナプス

# シナプス

- 活動電位が軸索末端に伝わると、シナプスによって次の神経細胞に信号が伝わる。

- 化学シナプス

- 信号の伝達に神経伝達物質を用いる。
- シナプスと書いてある場合は化学シナプスを指すことが多い。

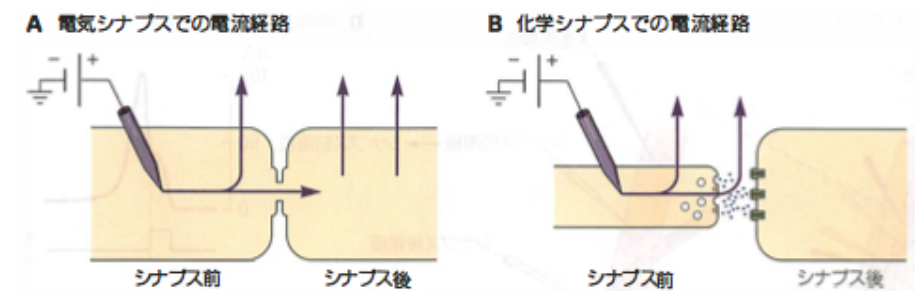


(Carlson, Physiology of Behavior 11ed)

- 電気シナプス

- 信号の伝達にイオン電流を用いる。

(カンデル神経科学)

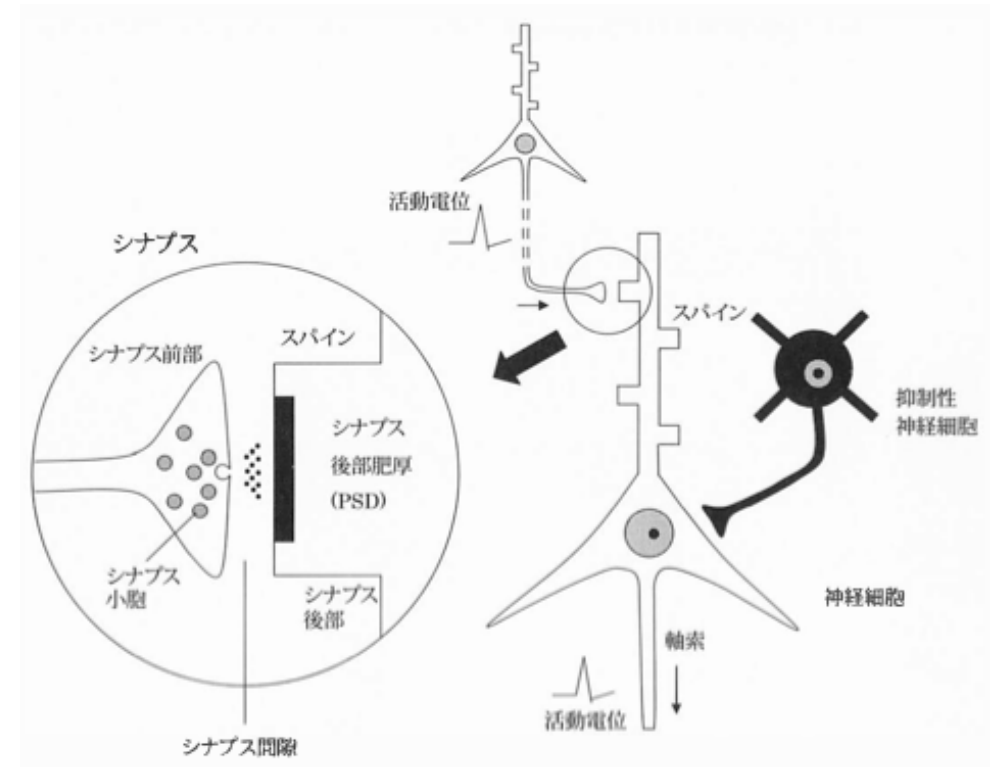


シナプスは一方向性とは限りません！！

以後シナプスと書いてある場合は化学シナプスとする。

# ■ シナプスに関する部位

- シナプス前部 (pre-synapse)
  - 軸索末端
- シナプス後部 (post-synapse)
  - 信号の受け手
- シナプス間隙 (synaptic cleft)
  - シナプス前部と後部の隙間
- シナプス小胞 (synaptic vesicle)
  - 神経伝達物質を内容物とする分泌小胞

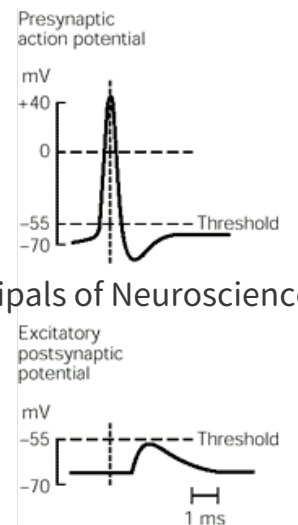
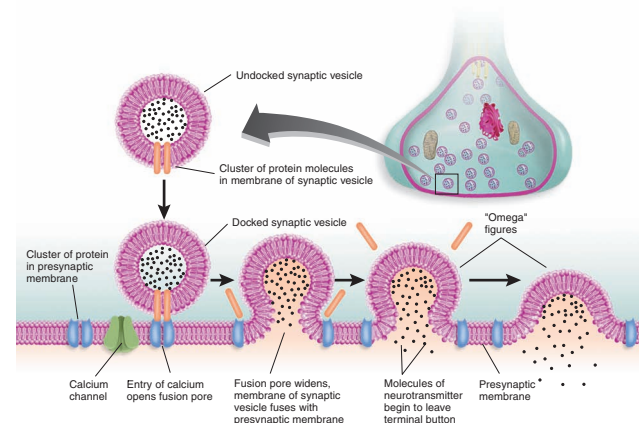


(古市, 分子・細胞・シナプスからみる脳)

# シナプスによる情報伝達

- シナプスでは化学的な過程により信号が伝達される。
- 軸索末端に活動電位が引き起こされる。
- シナプス小胞が生体膜に融合。
- 細胞外に向け開口し，中の神経伝達物質が放出される（エキソサイトーシス）。
- シナプス後膜にある神経伝達物質のレセプタに伝達物質がくっつき，イオンチャネルが開く（閉じる）。
- シナプス後電位が発生する。

(Carlson, Physiology of Behavior 11ed)



(Kandel, Principals of Neuroscience)

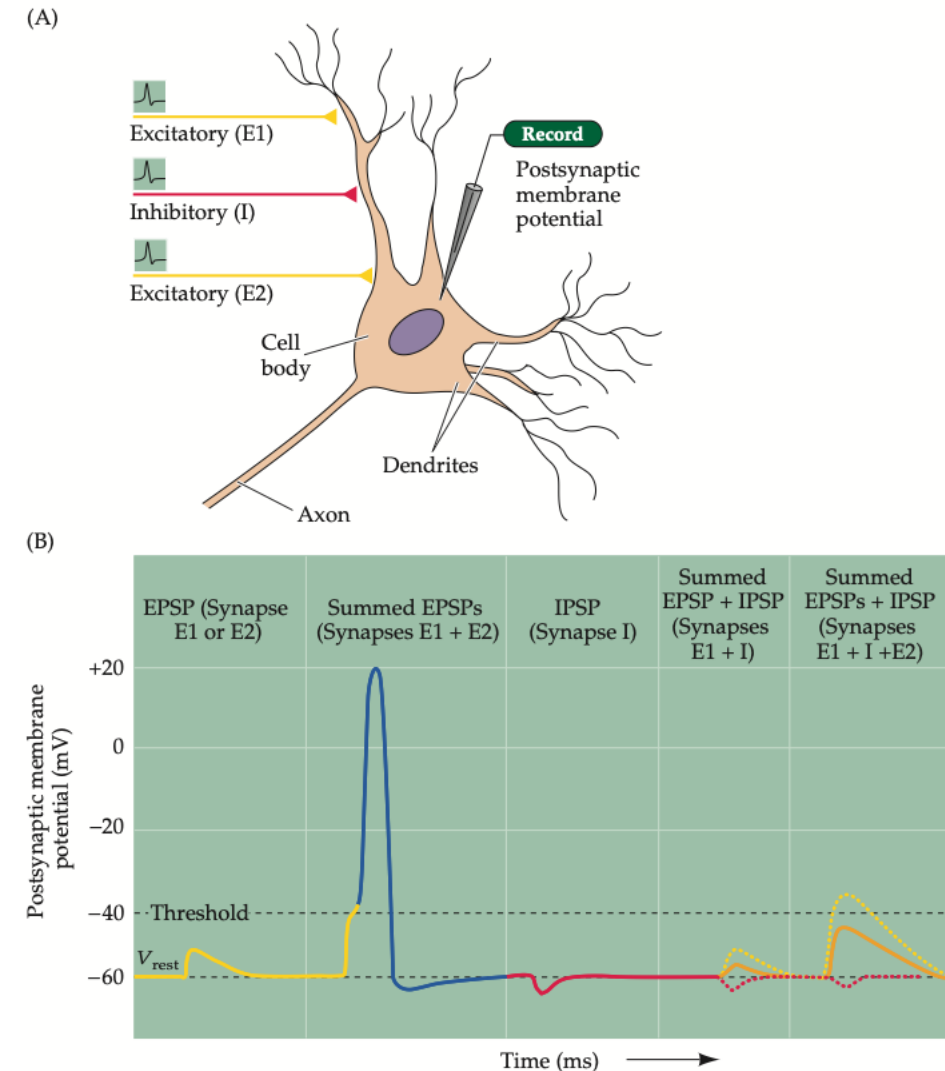
# 興奮性シナプスと抑制性シナプス

## • 興奮性シナプス

- 正のシナプス電位を引き起こす．興奮性後シナプス電位 (Excitatory Postsynaptic Potential: EPSP).
- 神経伝達物質：L-グルタミン酸

## • 抑制性シナプス

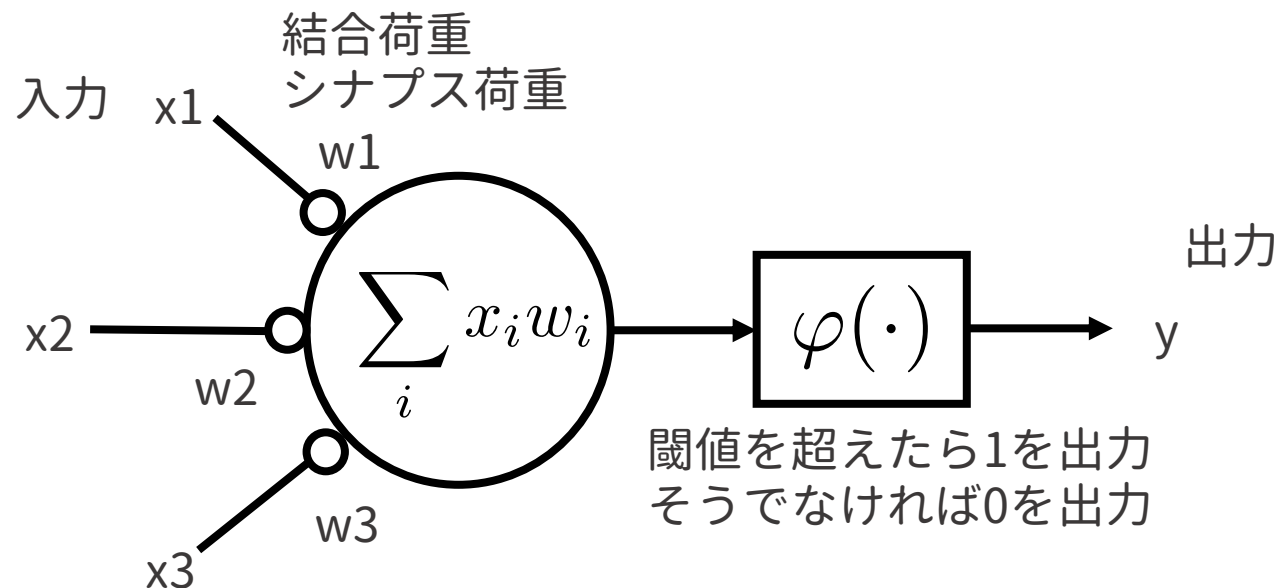
- 負のシナプス電位を引き起こす．抑制性後シナプス電位 (Inhibitory Postsynaptic Potential: IPSP).
- 神経伝達物質： $\gamma$ アミノ酸 (GABA), グリシン



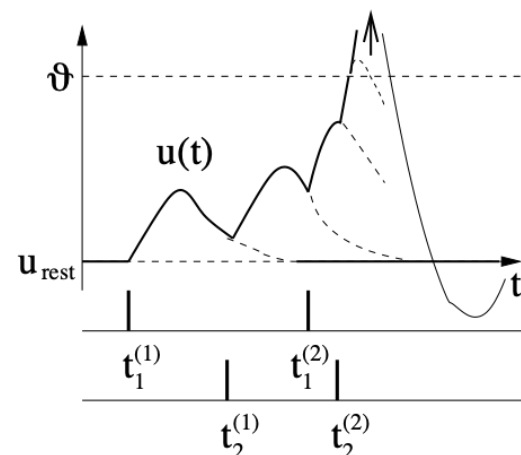
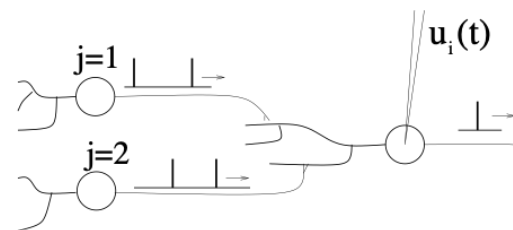
(Purves et al., Neuroscience)

# McCulloch-Pitts Neuron model

- 神経細胞の数理モデル
- 入力 $x_i$ が神経細胞に伝わる強さ(接続の強度)をシナプス荷重 $w_i$ と言う.
- 入力とシナプス荷重をかけたものの総和が閾値を超えたら1を出力.
- PSPの総和が閾値を超えるとスパイクが発生する現象をモデル化.
- シナプス可塑性とはシナプス荷重が変わること.



C



(Gerstner and Kistler, Spiking neuron models)

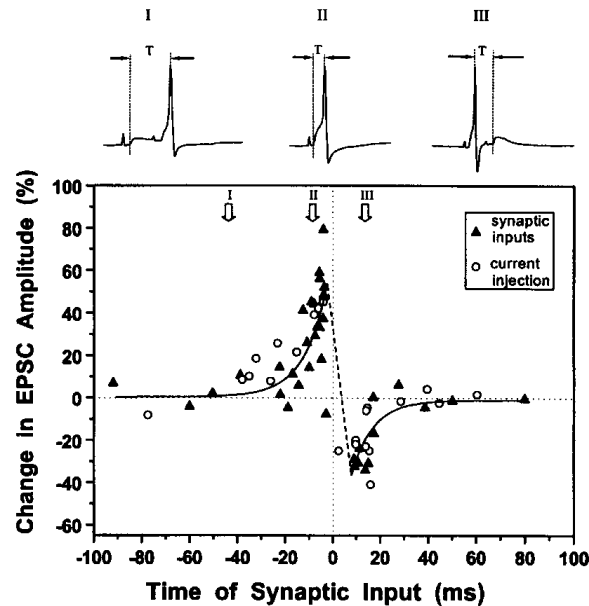
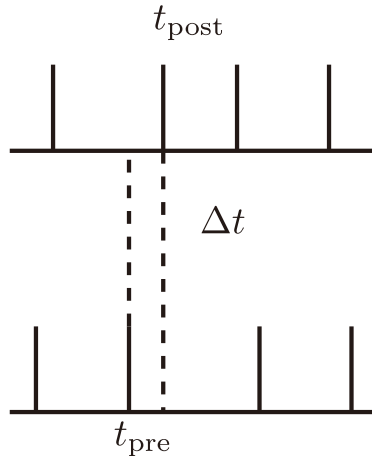
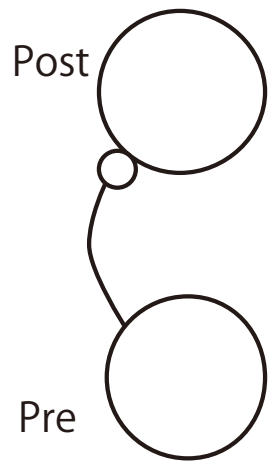
# ■ シナプス可塑性

- シナプス可塑性とはシナプスの伝達効率（シナプスの結合強度，シナプス荷重）の変化
- シナプス可塑性に関わる用語
  - ヘブ学習 (Hebbian learning)
    - ニューロンAとニューロンBが発火するとお互いの結合が強まる．
  - 長期増強 (Long term potentiation: LTP), 長期抑圧 (Long term depression)
    - 長期的なシナプスの伝達効率の増強（抑圧）
  - スパイクタイミングシナプス可塑性 (Spike timing dependent plasticity: STDP)
    - スパイクの到着時間によるシナプスの可塑性
  - 短期シナプス可塑性 (Short term synaptic plasticity, Dynamic synapse)
    - 軸索終末の神経伝達物質が充填されたシナプス小胞の需給 (放出可能プールの状況)により生じる可塑性



# STDP学習

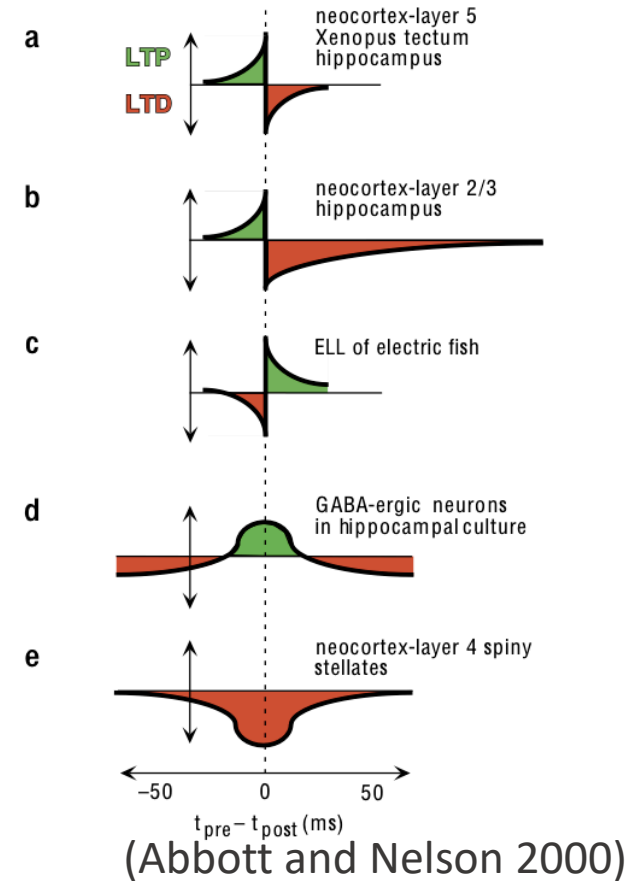
シナプス前後膜ニューロンのスパイクの到着時間の関係によりシナプス荷重が変わる



$$\Delta t = t_{\text{pre}} - t_{\text{post}}$$

(Zhang et. al. 1998)

- シナプス前ニューロンがシナプス後ニューロンより先に発火したとき、シナプス荷重が増強
- シナプス後ニューロンがシナプス前ニューロンより先に発火したとき、シナプス荷重が減弱



学習曲線は様々ある。

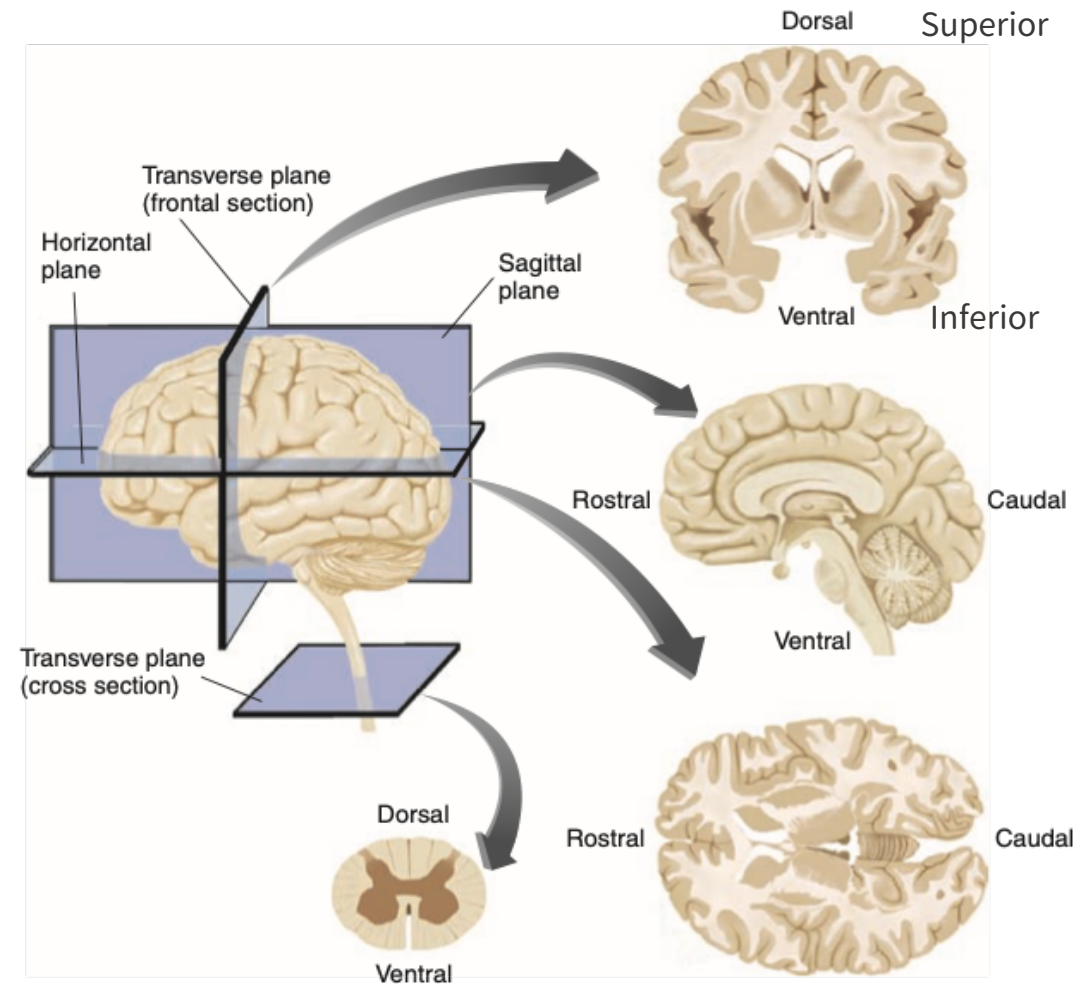
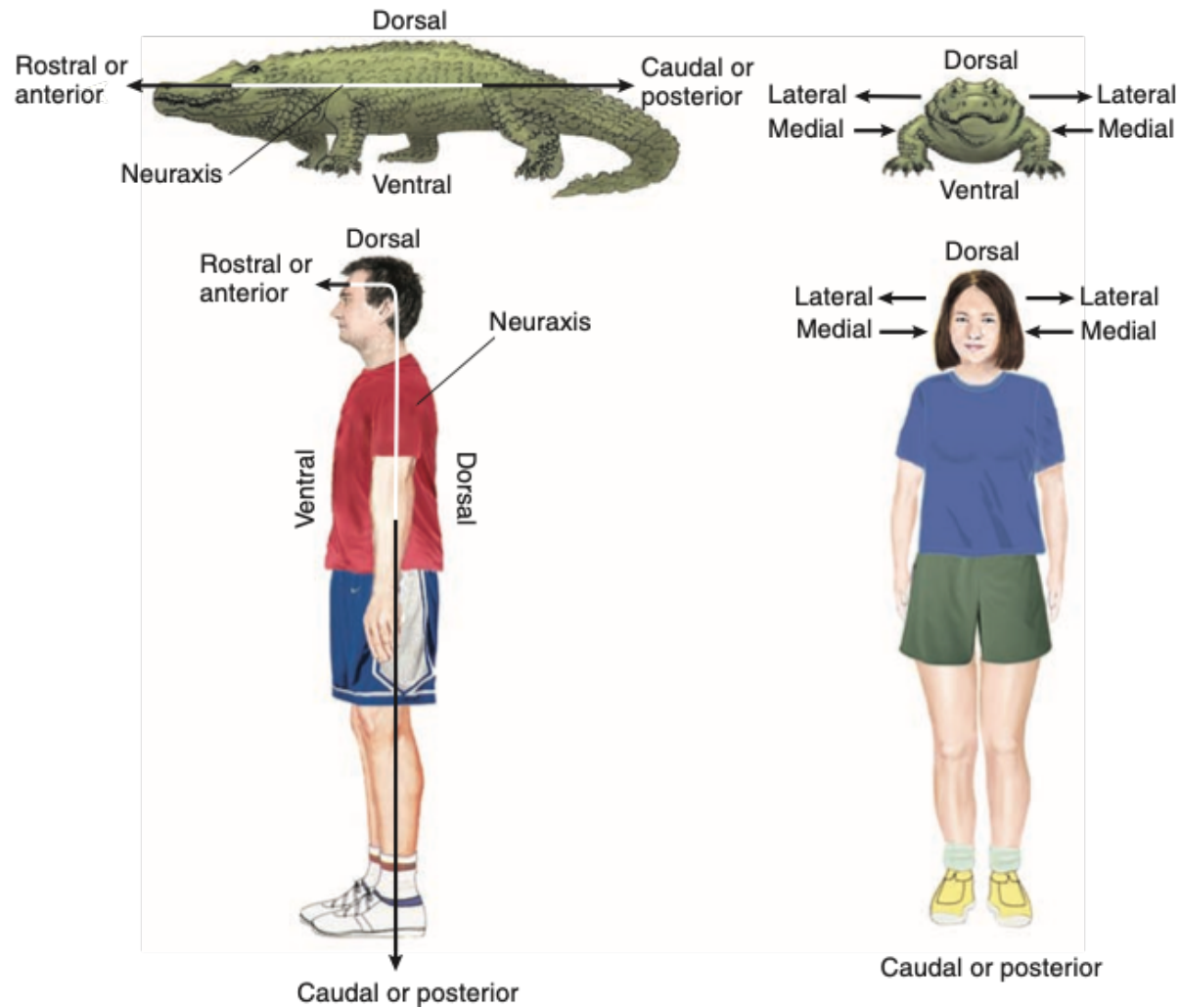
## ■ 考えてみよう

---

- なぜシナプスは化学シナプスと電気シナプスの両方あるのだろうか？
- なぜ脊椎動物のシナプスの多くが，化学シナプスなのだろうか？

# 生物における方向の呼び方

# 生体の位置・方向を表す用語



(Carlson, Physiology of Behavior 11ed)