伝導速度と伝達時間

　伝導は電流が引き起こす現象であるため興奮が伝わる速度が①＿＿、伝達は化学物質の移動が引き起こす現象であるため興奮が伝わる速度は②＿＿。２つの神経回路において、刺激が伝わる速さを測定することで、伝導速度と伝達時間を共に求めることが出来る。未知数が伝導速度と伝達時間の２つあるので、２つの（独立な）条件式があれば③＿＿＿＿＿の要領で求めることが出来る。

〔2〕 以下の文章【A】と【B】を読み，**問1～問5**に答えよ。

【A】

ニューロンは，軸索を介して他のニューロンとの間にシナプスを形成して，情報伝達を行う。シナプスでは，神経伝達物質により次の細胞へ一方向性の情報伝達が行われ，神経伝達物質を送る側の細胞をシナプス前細胞，受け取る側の細胞をシナプス後細胞という。興奮性シナプスは，シナプス伝達によって興奮性シナプス後電位を発生させ，活動電位の発生に関与する。抑制性シナプスは，抑制性シナプス後電位を発生させ，活動電位の発生を抑える働きをする。興奮性シナプスを形成するシナプス前細胞を興奮性ニューロン，抑制性シナプスを形成するシナプス前細胞を抑制性ニューロンとよぶ。

図1に4つの神経細胞からなるシナプス結合の例を示す。N1の神経細胞を刺激したところ，N4の神経細胞では，図2Aに示すような興奮性シナプス後電位が観察された。また，N2の神経細胞を刺激したところ，N4の神経細胞では，図2Bに示すような抑制性シナプス後電位が観察された。さらに，N1とN3の神経細胞を同時に刺激したところ，N4の神経細胞では，図2Cに示すような活動電位が観察された。N1，N2およびN3の神経細胞に与えた刺激の強さは同じであり，また，N4の神経細胞では，同じ時刻にシナプス後電位が発生するものとする。

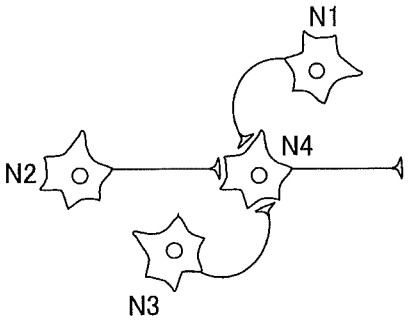

図1

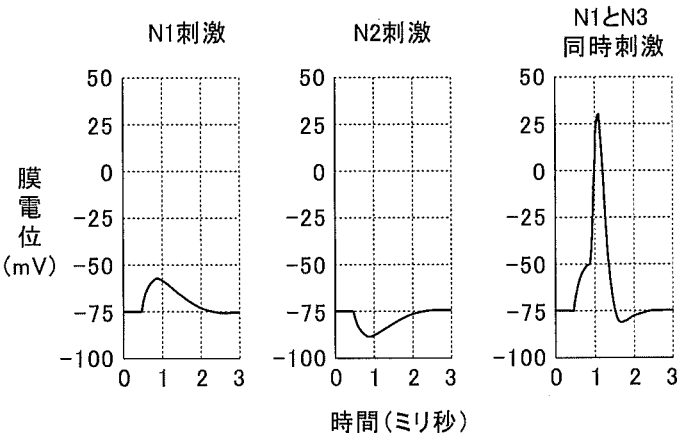

図2A　図2B　図2C

問 1　N1，N2およびN3の3つの神経細胞を同時に刺激したところ，N4の神経細胞では活動電位は発生しなかった。この理由を40字以内で述べよ。

問 2　N1およびN2の神経細胞を同時に刺激したところ，N4の神経細胞ではシナプス後電位はほとんど観察されなかった。問1の結果をふまえ，N3の神経細胞を刺激した際，N4の神経細胞ではどのような膜電位の変化が観察されると考えられるか。解答用紙のグラフに実線で記入せよ。

中枢神経系(脳・脊髄)では，興奮性ニューロンと抑制性ニューロンとが組み合わさり，複雑な神経回路を形成して多様な情報処理を担っている。興奮性と抑制性のシナプス結合をもつ神経回路の例を図３Ａと図３Ｂに示す。図３Ａのすべてのニューロンと図３ＢのＩ４以外のニューロンは，同一の興奮性ニューロンとする。図３ＢのＩ４の神経細胞は抑制性ニューロンである。ここでは，神経細胞の活動電位の発生パターンについて見るため，一つの興奮性ニューロンによるシナプス後電位で活動電位が生じるものとする。また抑制性ニューロンにより，シナプス後細胞での活動電位の発生が一定時間抑制されるものとする。

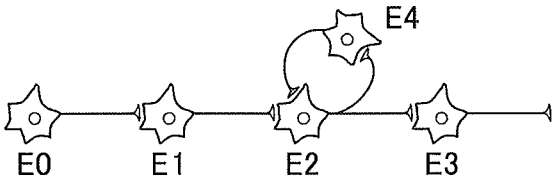

図３Ａ

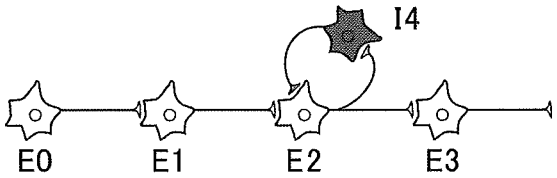

図３Ｂ

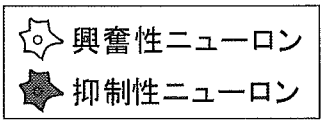

図３Ａおよび図３Ｂの神経回路では，あるニューロンに活動電位が発生してから次のニューロンに活動電位が発生するまでの時間をすべて一定時間 t とする。Ｅ０の神経細胞で時間０から $2t$ ごとに活動電位が発生した場合，Ｅ１の神経細胞の活動電位の発生パターンは図４の縦軸実線のように表される。

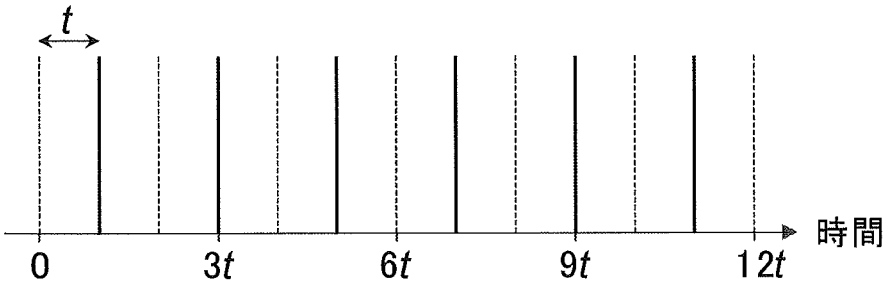

図４

問 3　神経細胞が図 3 A のような神経回路を形成しているとき，E 0 の神経細胞で時間 0 から 3 t ごとに活動電位が発生した場合，E 3 の神経細胞の活動電位の発生パターンについて，図 4 の表示例を参考に解答用紙のグラフに実線で記入せよ。

問 4　抑制性シナプス後電位は，活動電位の発生を 2 t 時間打ち消すものとする。神経細胞が図 3 B のような神経回路を形成しているとき，E 0 の神経細胞で時間 0 から 3 t ごとに活動電位が発生した場合，E 2 の神経細胞の活動電位の発生パターンについて，図 4 の表示例を参考に解答用紙のグラフに実線で記入せよ。

【B】

図5に4つの興奮性ニューロンからなる神経回路を示す。A点で刺激を加えると，B点では25.5ミリ秒後に刺激を受容し，C点では23.5ミリ秒後に刺激を受容した。

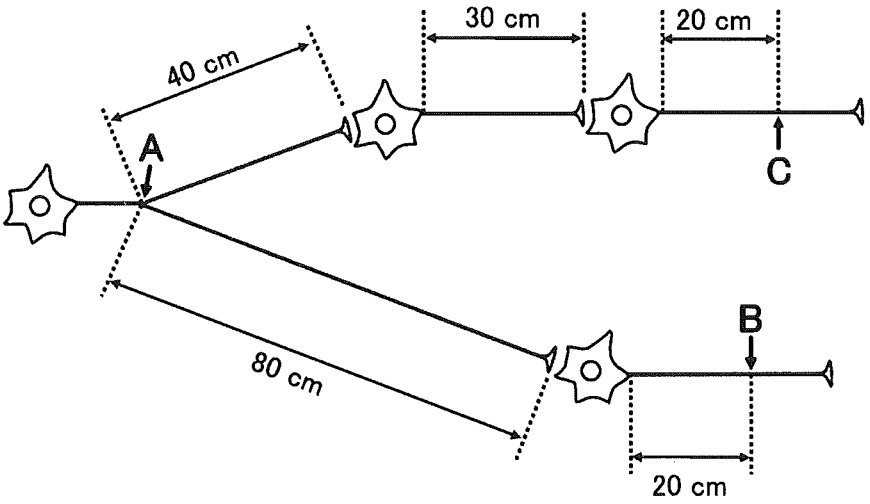

図5

問 5　各神経細胞で興奮が軸索を伝導する速度，および神経細胞間で興奮がシナプスを介して隣接する神経細胞の細胞体に伝えられて興奮するまでの時間はそれぞれ同じであると仮定し，(ア)興奮が軸索を伝導する速度〔メートル/秒〕と，(イ)興奮がシナプスを介して隣接する神経細胞の細胞体に伝えられて興奮するまでの時間〔ミリ秒〕を求めよ。