

受験番号					

東京大学 大学院新領域創成科学研究科 情報生命科学専攻

平成18(2006)年度

大学院入学試験問題 修士・博士後期課程

## 専 門 科 目

平成17年8月10日(水)

13:00～15:00

### 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 本冊子の総ページ数は 33 ページです。落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答には必ず黒色鉛筆(または黒色シャープペンシル)を使用しなさい。
4. 問題は 12 題出題されます。問題 1～12 から選択した合計4問に解答しなさい。ただし、問題 1～12 は同配点です。
5. 解答用紙は計4枚配られます。各問題に必ず1枚の解答用紙を使用しなさい。解答用紙に書ききれない場合は、裏面にわたってもよい。
6. 解答は日本語または英語で記入しなさい。
7. 解答用紙の指定された箇所に、受験番号と選択した問題番号を記入しなさい。問題冊子にも受験番号を記入しなさい。
8. 草稿用紙は本冊子から切り離さないこと。
9. 解答に関係ない記号、符号などを記入した答案は無効とします。
10. 解答用紙・問題冊子は持ち帰ってはいけません。

(このページは草稿用紙として使用してよい)

### 問題 1

集合  $A$  と  $B$  の和集合、積集合、差集合をそれぞれ、 $A \cup B$ 、 $A \cap B$ 、 $A - B$  であらわす。  
また集合  $A$  の補集合を  $A^c$ 、集合  $A$  の元の個数を  $n(A)$  であらわす。

- (1) 差集合  $A - B$  をそれ以外の記号を用いてあらわせ。
- (2)  $n(A \cup B) = n(A) + n(B) - n(A \cap B)$  を証明せよ。
- (3)  $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$  を証明せよ。
- (4)  $A \cap (B^c \cap C)^c$  を展開せよ。
- (5) 集合演算におけるド・モルガンの法則を書け。

## 問題 2

見分けのつかない箱 A と B があり、A には赤球 7 個と白球 3 個、B には赤球 3 個と白球 3 個が入っている。箱をどちらかに決めて等確率で球を取り出すとし、取り出した球は戻さない。

- (1) 箱から取り出した球が赤である確率を求めよ。
- (2) 箱から取り出した球が赤という条件で、箱が A である確率を求めよ。
- (3) 箱から取り出した球が赤という条件で、もう 1 個取り出した球が白である確率を求めよ。
- (4) 箱から赤、白の順に 1 球ずつ続けて取り出した条件で、3 球目を取り出して赤である確率を求めよ。

### 問題 3

以下のように定義されるフィボナッチ数列  $\text{fib}(i)$  ( $i$  は正の整数) を考える。

$$\text{fib}(1) = \text{fib}(2) = 1$$

$$\text{fib}(i) = \text{fib}(i-1) + \text{fib}(i-2) \quad i \text{ は } 3 \text{ 以上の整数}$$

- (1)  $\text{fib}(10)$ ,  $\text{fib}(20)$  の値を求めよ。
- (2)  $\text{fib}(i)$  を以下のプログラムで計算する場合、 $\text{fib}(i)$  を計算するのに加算が何回行われるかを  $\text{fib}(i)$  を使って示せ。

```
int fib(int i){  
    if(i <=2){ return 1;}  
    int answer = fib(i-1) + fib(i-2);  
    return answer;  
}
```

- (3) 上のプログラムより加算回数が少ないプログラムを示せ。
- (4)  $\text{fib}(i) - a \text{fib}(i-1) = b \{ \text{fib}(i-1) - a \text{fib}(i-2) \}$  の式を満たす数  $a$  と  $b$  を用いて  $\text{fib}(i)$  を表現せよ。
- (5)  $\lim_{i \rightarrow \infty} \text{fib}(i+1)/\text{fib}(i)$  を求めよ。

#### 問題 4

以下の問いに答えよ。

(1) 以下の空欄を埋めて半順序集合の定義を完成させよ。

集合  $A$  に以下の条件を満たす二項関係  $\leq$  があるとき  $(A, \leq)$  を半順序集合と呼ぶ。

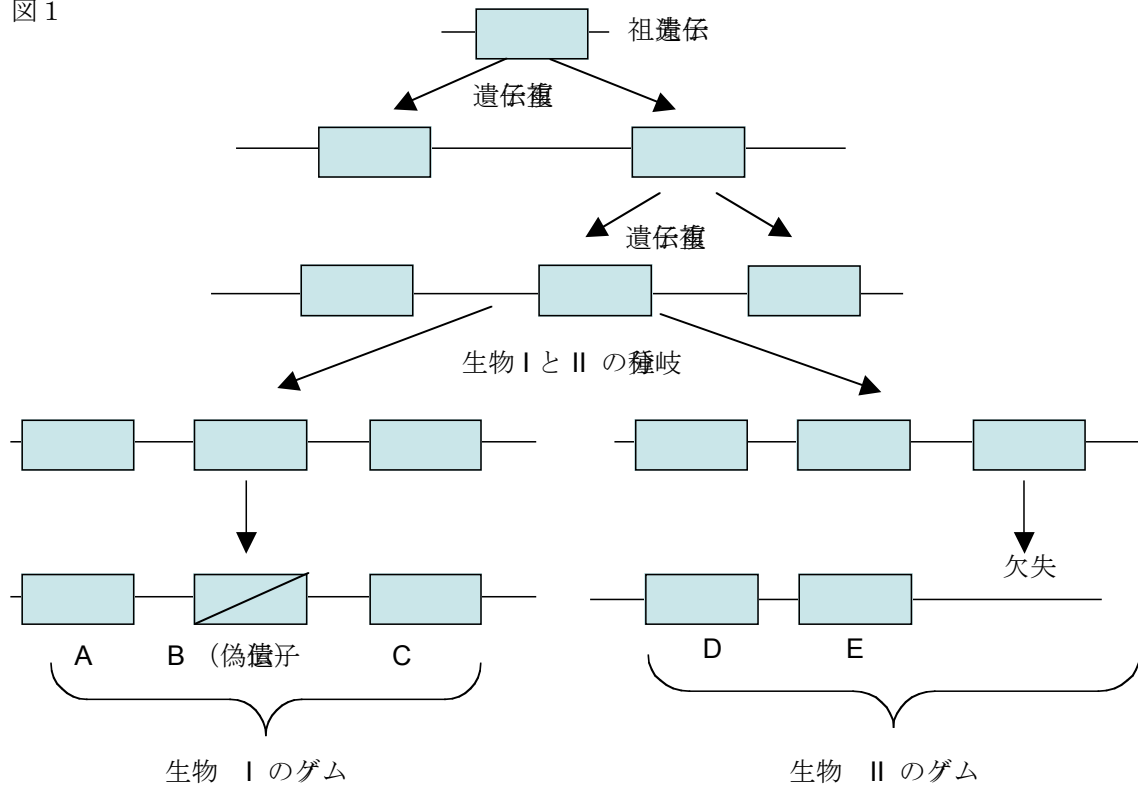
1. 任意の元  $a \in A$  について (        )
  2. (        ) かつ (        ) ならば (        )
  3. (        ) かつ (        ) ならば (        )
- (2) 上記 1,2,3 の条件をそれぞれ何と呼ぶか。
- (3) 集合  $X$  のべき集合  $2^X$  が集合の包含関係について半順序集合であることを示せ。
- (4) 上記のべき集合における上限、下限を示せ。
- (5) 半順序集合の例を上記以外に 2 つ挙げよ。

# 問題 5

図 1 は、ある遺伝子ファミリーの進化過程を示したものである。以下の質問に答えよ。

1. オーソログな関係にある機能的な遺伝子のペアを全て答えよ。
2. 遺伝子 A と遺伝子 C の分岐時間と同じ分岐時間をもつ A-E のペアを全てあげよ。
3. 一般的に Best Reciprocal Hit と判断された遺伝子のペアが、オーソログであるとは限らない。なぜか、図を参考にして考察せよ。

図 1



## 問題 6

(1) 蛋白質の 2 面角と 2 次構造の関係を考えよう。図 1 は蛋白質の重要な 2 面角  $a$  から  $d$  を示したものである。図 2 は蛋白質の 2 次構造の特徴を理解するのに最適な 2 つの 2 面角によって張られる空間で、エネルギー的に安定な典型的領域を等高線で示したものである。このとき以下の問いに答えよ。おのおのの選択肢は一度しか用いてはならない。

図 1

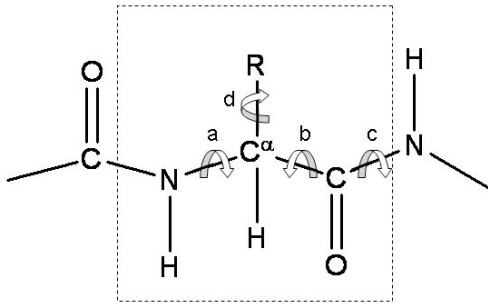
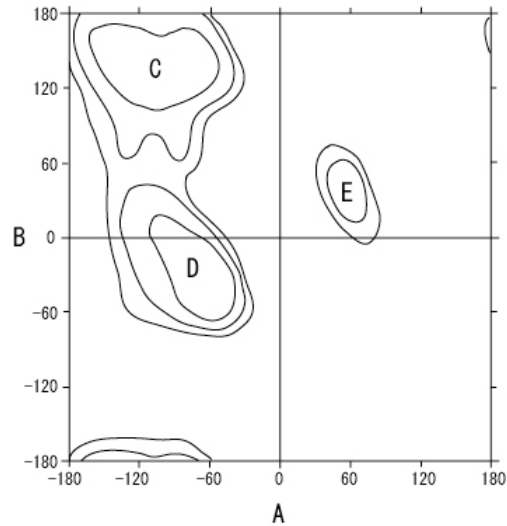


図 2

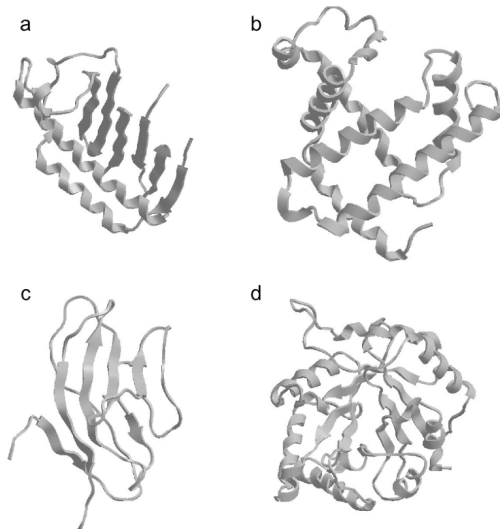


(1-1) 図 1 の角  $a$  から  $d$  のうち、図 2 の 2 面角  $A$  と  $B$  として最適なものを選べ。

(1-2) 図 2 に示したエネルギー的に安定な領域  $C$  から  $E$  に対応する構造が、それぞれ左巻きヘリックス・右巻きヘリックス・ $\beta$  ストランドのどれにあたるか答えよ。

(2) 図 3 a から d は、蛋白質の典型的な立体構造を示したものである。これらはそれぞれ  $\alpha$  蛋白質、 $\beta$  蛋白質、 $\alpha/\beta$  蛋白質、 $\alpha + \beta$  蛋白質のどれかに分類できる。a から d を分類せよ。おのおのの選択肢は一度しか用いてはならない。

図 3





### 問題 7

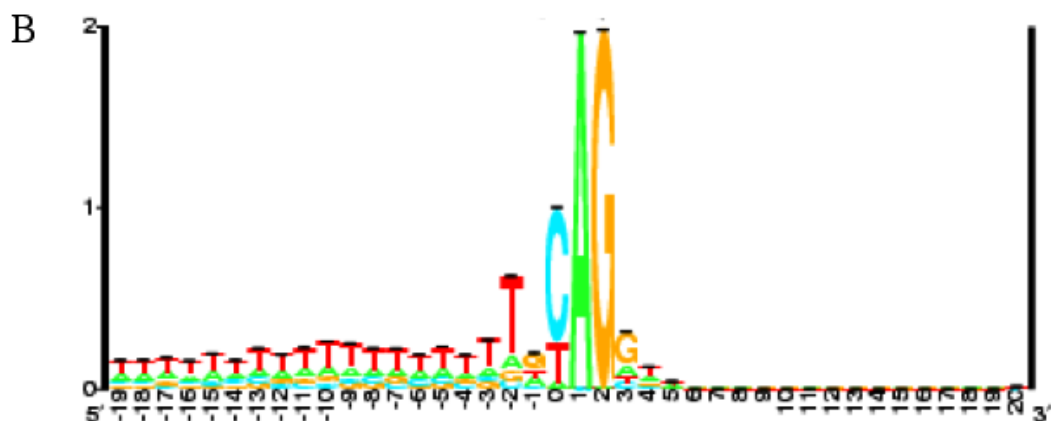
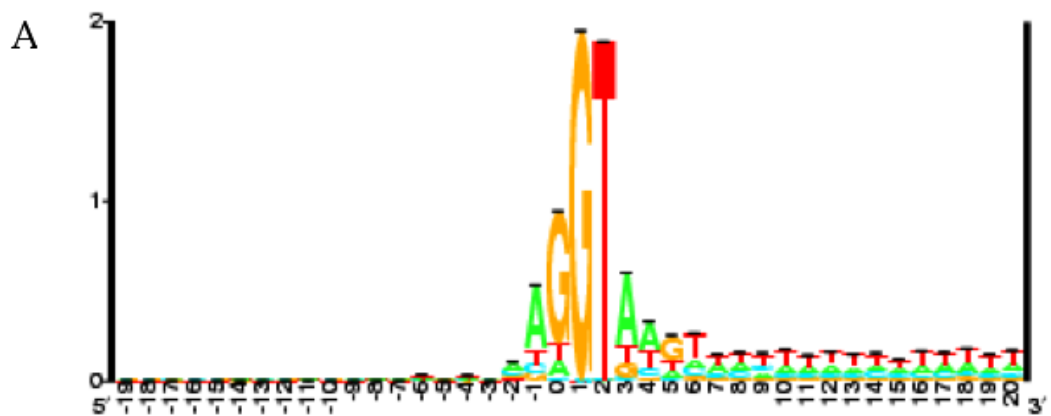
以下の測定技術の原理と使用目的をまとめてそれぞれ簡潔に説明せよ。

- 1) DNA マイクロアレイ
- 2) SAGE (Serial analysis of gene expression) 法
- 3) Differential Display 法
- 4) 蛋白質質量分析

# 問題 8

図 A と B は、特定の配列群に共通に現れるパターンを図示する「配列ロゴ」である。

1. 縦軸の目盛りの数値の単位はなにか。
2. 図 A, B の縦軸の目盛りの最大が 2 である理由を述べよ。
3. アミノ酸配列の場合、縦軸の最大値はいくつか。対数で示しても構わない。
4. 図 A, B はそれぞれどのような塩基配列群の特徴を示したものの推測し、その根拠とともに述べよ。



問題 9 以下の問に答えなさい。

問 1 タンパク質を構成する 20 種類のアミノ酸を下記の 4 種類に分類しなさい。  
アミノ酸の記述は、名称、3 文字コード、1 文字コードのいずれを用いてもよいが、統一して使用すること。

- ・塩基性アミノ酸
- ・酸性アミノ酸
- ・中性アミノ酸（極性）
- ・中性アミノ酸（非極性）

問 2 DNA は二重らせん構造を持つことが知られている。この構造をとるためには A-T 及び G-C 間に形成される水素結合が重要な役割を果たしている。A-T および G-C の水素結合の状態がわかるように化学構造式を書きなさい。糖-リン酸基部分は書かなくてもよい。

問 3 DNA の複製が起こるとき、2 本の DNA 鎖で複製の仕方が異なることが知られている。どの様に異なるのか説明しなさい。

問 4 HIV（ヒト免疫不全ウイルス）、大腸菌、ヒトのゲノムを比較し、その形状、化学組成、遺伝子構造、複製様式について、それぞれの特徴を簡潔に述べなさい。

問題 10 以下の問に答えなさい。

問 1 下表は酵素 X の精製実験の過程を示す表である。①～⑩を求めなさい。

精製段階	総タンパク質 mg	総活性 U	比活性 U/mg	収率 %	精製度
ホモジェネート	15,000	150,000	①	100	1
イオン交換クロマトグラフィー	1,500	120,000	②	③	④
ゲルろ過クロマトグラフィー	150	75,000	⑤	⑥	⑦
アフィニティクロマトグラフィー	1	30,000	⑧	⑨	⑩

問 2 問 1 で用いた 3 種類のクロマトグラフィーによる分離の原理を、それぞれ 3 行以内で説明しなさい。

問 3 問 1 で精製した酵素 X を SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動で解析するとどのような情報が得られるか。また、その結果を上記のどのクロマトグラフィーの結果と比較して考察すると、酵素 X に関して更にどのような情報が得られるか、5 行以内で簡潔に説明しなさい。

問 4 問 1 で精製した酵素 X を用いて、様々な基質濃度  $S$  における反応速度  $V$  を計測し、 $S$  の逆数と  $V$  の逆数をそれぞれ  $x$  軸と  $y$  軸にとってプロットするとききれいな直線が得られた。この直線を現す式を導き、グラフのどの部分から何が読み取れるか、簡潔に説明しなさい。

問 5 酵素 X の競合阻害剤として知られる薬剤 Z の存在下で問 4 と同じ実験を行うと、問 4 で得られた直線はどのように変化すると予想されるか、理由とともに簡潔に説明しなさい。

(このページは草稿用紙として使用してよい)

問題 1 1 下記の問に答えなさい。

問 1 葉緑体とミトコンドリアの構造を図示しなさい。

問 2 下記の文章を読んで（ a ）～（ o ）にあてはまる最も適切な言葉を選択肢から選び、番号で答えなさい。選択肢は何度使用してもよい。

葉緑体がつもつ最も重要な機能は光合成であろう。光合成は、光のエネルギーを用いてエネルギー貯蔵物質である（ a ）と還元力をもつ（ b ）を生産する明反応と、これらを使って（ c ）から糖を合成する暗反応に分けられる。

明反応では、まず多数の蛋白質の複合体である光化学系 I を構成する集光装置に含まれる（ d ）という色素が太陽光エネルギーを吸収する。エネルギーは反応中心に集められ、ここで電子供与体である（ e ）の分解によって生じた高エネルギー電子が作られる。この高エネルギー電子は葉緑体や（ f ）に特有の構造物である（ g ）上にある電子伝達系を流れるが、この過程で生じたプロトン勾配を利用して（ a ）が合成される。次に、高エネルギー電子は光化学系 II に渡されるが、ここで再度光エネルギーにより励起される結果、（ b ）が生じる。

一方、暗反応の最初の反応は、（ c ）と（ e ）と（ h ）から（ i ）が作られる。この反応は（ j ）によって触媒されるが、この酵素は地球上で最も大量に存在する蛋白質であるといわれている。（ i ）はその後いくつかの化学反応の後（ h ）へと再生される。この反応経路全体は（ k ）と呼ばれ、3分子の（ c ）から1分子の（ l ）が生成され、これが他の糖や有機物質の合成材料として利用される。

植物、動物、およびほとんどの真核細胞にはミトコンドリアがあり、ATP の大部分がこの細胞器官で生産される。ミトコンドリアでは（ m ）によって（ n ）を代謝し、高エネルギー電子の運搬体である（ o ）と（ c ）をつくり出す。（ o ）は、自分のもつ高エネルギー電子をミトコンドリアの膜にある電子伝達系に渡して酸化され、 $\text{NAD}^+$  となる。電子は伝達系内で速やかに受け渡しを繰り返されて分子状酸素に達し、 $\text{H}_2\text{O}$  ができる。ミトコンドリアは大きさも形も細菌とよく似ているが、細胞の種類によってかなり異なっている。独自の DNA や RNA、リボソームを持ち、転写、翻訳を行って自身のタンパク質の一部を合成できる。

## 選択肢

- |                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| (1) H <sub>2</sub> O | (21) 解糖経路               |
| (2) CO <sub>2</sub>  | (22) クエン酸回路             |
| (3) ATP              | (23) グリセルアルデヒド 3-リン酸    |
| (4) GTP              | (24) カルビンベンソン回路         |
| (5) NAD              | (25) リブローズビスリン酸カルボキシラーゼ |
| (6) NADH             | (26) 3-ホスホグリセリン酸        |
| (7) NADP             | (27) リブローズ 1,5-ビスリン酸    |
| (8) NADPH            | (28) 細胞膜                |
| (9) DNA              | (29) シアノバクテリア           |
| (10) 糖               | (30) クリステ               |
| (11) 蛋白質             | (31) クロロフィル             |
| (12) 核酸              | (32) 光化学系 I             |
| (13) ユビキノン           | (33) 光化学系 II            |
| (14) ピルビン酸           | (34) チラコイド膜             |
| (15) アセチル CoA        | (35) ゴルジ体               |
| (16) ATP 合成酵素        | (36) プロトン               |
| (17) リブローズ 5-リン酸     | (37) 菌類                 |
| (18) NADH 脱水素酵素複合体   | (38) 原生動物               |
| (19) 脂肪酸             | (39) 古細菌                |
| (20) リン脂質            | (40) 真正細菌               |

問題 1 2 下記の文章を読んで問 1 ～ 5 に答えなさい。

図 1 のように、中枢神経系において 6 個の興奮性神経細胞 3 つの抑制性神経細胞 G ～ I の、9 つの神経細胞からなる。

問 1 興奮性神経細胞と抑制性神経細胞の、代表的な神経の名前をひとつずつ挙げなさい。

問 2 B の神経細胞の活動が E の神経細胞に伝わる時 E の間のシナプス (図の矢印の先の部分) で起きる。まず「見本」のような図を解答用紙に大きく描ける語句のうち、この図で描かれた範囲内に関連するに書き込みなさい。

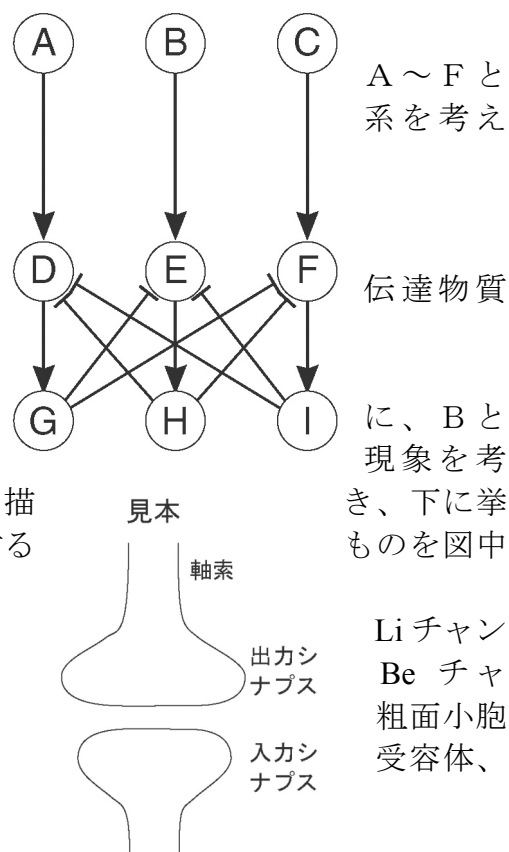
ネル、Na チャンネル、Ca チャンネル、ンネル、Ni チャンネル、シナプス小胞、体、ゴルジ体、中心体、伝達物質、抗体、分解酵素

問 3 B の神経細胞の活動が E の神経細胞に伝わる時に入力シナプスや出力シナプスで起きる現象の過程を問 2 で選んだ語句を用いて説明しなさい。

問 4 いま、B の神経細胞が比較的強く活動し、A と C の神経細胞が比較的弱く活動しているとする。G ～ I の抑制性神経細胞が存在しなければ、D ～ F の神経細胞の活動の度合いは、A ～ C の神経細胞の活動の度合いをそのまま反映する。では、G ～ I が存在する場合としない場合とで、D ～ F の活動の度合いはどのように異なるか？ H の働きと G、I の働きに言及しながら説明しなさい。(ただし、G ～ I の活動の度合いは D ～ F の活動の度合いをそれぞれ反映のとする。)

問 5 さらに、図 2 のように抑制性神経細胞が他の列の細胞でなく、同じ列の細胞にも作用を及ぼすとする。A 活動は無視できるほど小さいとする。最初は A や C にほとんど活動していなかった B が、ある時点で突の強度で持続的に活動し始めたとき、E の活動は時どのようなになるか、H の働きに言及しながら説明し

図 1



見本

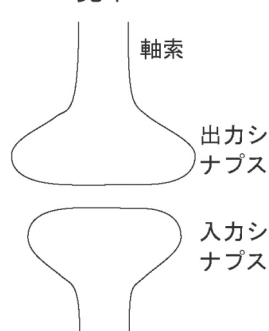


図 2

