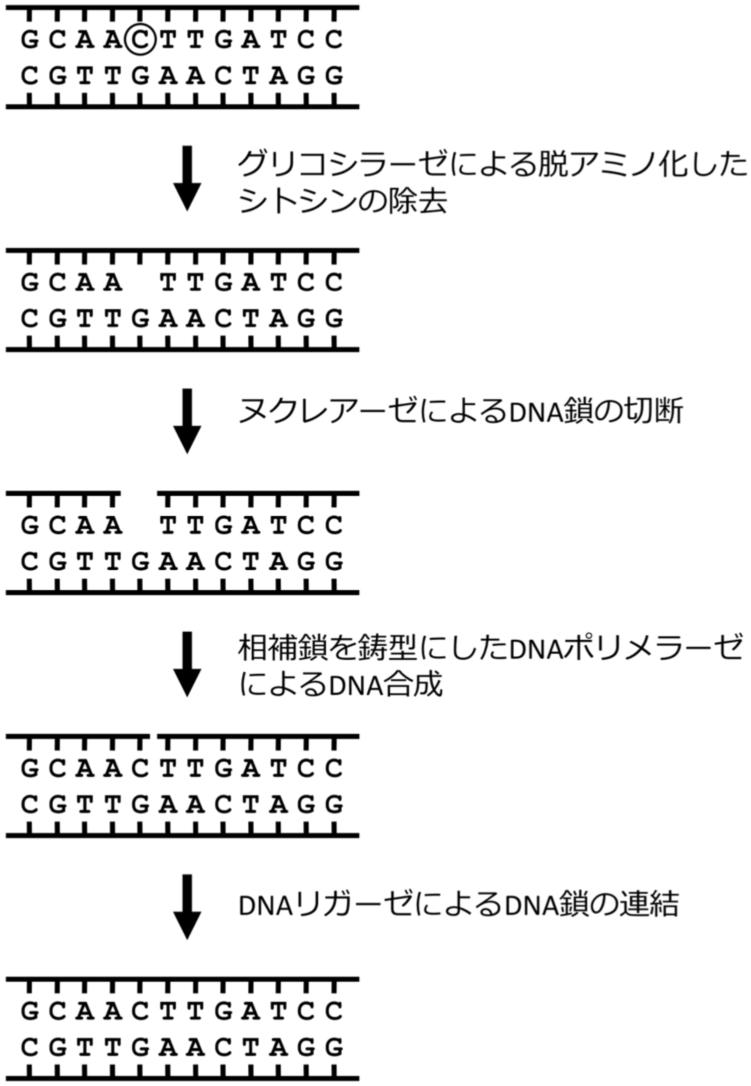
【1】解答例

ア　糖新生
イ　グルカゴン、アドレナリン、成長ホルモン、糖質コルチコイドなど
ウ　ヘキソキナーゼ、グルコキナーゼ
エ　グルコース６リン酸
オ　デオキシリボヌクレオチド
カ　リン酸
キ　ホスホジエステル、エステル
ク　収縮胞
ケ　筋小胞体
コ　Ca、カルシウム
サ　脱
シ　ナトリウム
ス　活動
セ　デンプン
ソ　グリコーゲン、グリコゲン
タ　２
チ　４
ツ　重複
テ　トランスポゾン、ＤＮＡ型トランスポゾン、（ウィルスも可）
ト　トランスポザーゼ、トランスポゼース
ナ　19,000～25,000 のいずれかの数値
ニ　セルロース
ヌ　分泌小胞
ネ　開口放出、エキソサイトーシス
ノ　アロステリック
ハ　低い、小さい
ヒ　高い、大きい
フ　クロロフィル
ヘ　Mg^{2+}
ホ　光呼吸
マ　ペルオキシソーム
ミ　（ポリ）ユビキチン
ム　プロテアソーム
メ　ステロイド
モ　胆汁酸
ヤ　アクチン、アクチンフィラメント
ユ　微小管
ヨ　紡錘体

【2】解答例

問１　アデニンとグアニン

問２



問３　DNA の方が遺伝情報を安定に維持できる。RNA は元々ウラシルを含んでいるため、シトシンが脱アミノ反応によりウラシルとなっても損傷として区別できないから。

問４　②が新生鎖である。なぜならミスマッチ修復により②の DNA 鎖に含まれていたシトシンがチミンに置き換わったから。

問５　鋳型鎖と新生鎖を区別して、新生鎖に取り込まれた塩基を除くことがミスマッチ修復にとって重要である。なぜなら、逆に鋳型鎖の塩基を除いてしまうと変異が固定されてしまうからである。DNA 複製後の DNA ２本鎖はヘミメチル化状態にある。つまり、鋳型鎖はメチル化されているが新生鎖はメチル化されていない。大腸菌のミスマッチ修復はこのことを利用して鋳型鎖と新生鎖を識別している。

問６　ポリメラーゼの合成機能の異常により誤った塩基を取り込みやすくなった。あるいは、ポリメラーゼの校正機能の異常により誤塩基対を修正することができなくなった可能性が考えられる。

問７　ヒトは一生の間に6×10^{16}個の自然突然変異が生じると予想される。

$$(2\times3\times10^{9})\div10^{9}\times10^{16}=6\times10^{16}$$

【3】解答例

問１

ア：脂質（リン脂質）、イ：親水、ウ：疎水、エ：膜輸送タンパク、オ：チャネルタンパク、カ：運搬体タンパク、キ：密着

問２

水素イオン：透過できない、酸素：透過できる、水：透過できる、グルコース：透過できない

問３

能動輸送

ATP、光、他の物質との共輸送（など）

問４

クローディン、オクルディン

問５

接着構造：ヘミデスモソーム

細胞側：インテグリン

基底膜側：ラミニン、フィブロネクチン（など）

問６

腸管内腔に面する側に存在

一般に細胞内はグルコース濃度が高く維持されており、特殊な状況を除いて腸管内腔のグルコース濃度はそれよりも低い。栄養成分として重要なグルコースを腸管内腔から細胞内に取り込むためには濃度勾配に逆らって輸送する必要があり、上皮細胞の腸管内腔側にグルコースを能動輸送できる分子が配置されている。

問７

腎臓では血液中の溶質をいったん尿細管内に送り、そこからグルコースなどの必要成分を再吸収している。問題文より、SGLT2 はグルコースの再吸収に関わると想定される。腸の上皮細胞でグルコースの能動輸送に関わる分子の働きと比較して考えると、SGLT2 は尿細管を構成する細胞の内腔に面する側の細胞膜に存在し、内腔から細胞の中にグルコースを取り込むことで再吸収に寄与していると考えられる。

【4】解答例

問１　*bicoid* のタンパク質は（*caudal* mRNA 結合タンパク質としてはたらき）、*caudal* の mRNA の翻訳を抑制すると考えられる。よって、Caudal タンパク質は Bicoid タンパク質が多く存在する胚の前部から中部領域に分布しない。

一方、*nanos* のタンパク質は（*hunchback* の mRNA 結合タンパク質としてはたらき）、*hunchback* の mRNA の翻訳を抑制すると考えられる。よって、Hunchback タンパク質は Nanos タンパク質が多く存在する胚の後部から中部域にかけて分布しない。しかし、実験（c）の結果からわかるように、*hunchback* では母性由来の mRNA が不在な状況下でもタンパク質が形成されることから、接合子性の *hunchback* が発現していると考えられる。それは胚の前部領域に限局的に発現し、Bicoid タンパク質によって活性化されると考えられる。つまり、*hunchback* では母性と接合子性の両方の遺伝子発現に由来するタンパク質により濃度勾配が確立されると考えられる。

問２　野生型受精卵の後部に大量の *bicoid* の mRNA を注入した。

問３　ショウジョウバエでは、卵の中で形成された *bicoid* と *nanos* の遺伝子産物の濃度勾配が、その後の発生パターンを決める位置情報となる。それにより発現する遺伝子に違いが生じ、次いで起る接合子性の遺伝子産物のはたらきの連鎖により、最初おおまかであった母性遺伝子の濃度差から、最終的にそれぞれ領域が特徴づけられ、体がつくられる。

【5】解答例

問１）それぞれの植物に固有の限界日長よりも長い日長（限界暗期よりも短い暗期）で花成が誘導、または促進される植物を長日植物、それぞれの植物に固有の限界日長よりも短い日長（限界暗期よりも長い暗期）で花成が誘導、または促進される植物を短日植物と呼ぶ。

問２）中性植物（花成が日長以外の要因で調節される植物）が多い。なぜなら、赤道直下では年中日長は１２時間で一定であるから。

問３）タンパク質 A は茎頂に移動して花成を促進するか、または、葉において花成を促進する移動性のシグナルを作る作用がある。

問４）ノザンブロット（RNA ブロット）: RNA を抽出して電気泳動を行い、ナイロンなどのフィルターに転写する。ここに、放射能などでラベルしたアンチセンス RNA または cDNA をプローブとしてハイブリダイズさせ、特定 mRNA を検出する。

RT-PCR： mRNA を逆転写したのち、PCR を行い、DNA の増幅の早さにより特定の mRNA の量を定量する。

マイクロアレイ：mRNA に対応する標識核酸を作製する。例えば、T7-RNA プロモーターを連結した cDNA を作製し、T7RNA 合成酵素などで標識 cRNA を作製する。これを各遺伝子の一部に対応する配列をもつ一本鎖 DNA（プローブ）を配置したチップにハイブリダイズさせ、標識由来の蛍光量を測定する。

RNA seq : mRNA を逆転写して cDNA を作製し、末端にインデックス付きアダプターをつけることによりライブラリを作製する。これを多数シークエンスし、リード数により各 mRNA の量を定量する。

などを 2 例。

問５）植物を明暗条件で数日育てることにより概日リズムをつけさせたのち、恒明、または恒暗で育てる。経時的にサンプリングし、遺伝子 *A* の mRNA の量を定量する。恒明条件または恒暗条件でも、明暗条件で育てていた時の mRNA の変動の周期が維持されれば概日時計の制御下にあると言える。

問６）光によって遺伝子 A に対応する mRNA の翻訳が促進される、または、タンパク質 A の分解が抑制される。

問７）遺伝子 *A* に対応する mRNA の量は概日時計の制御下で転写され、その量は夜を中心に１２時間程度の間、高い。しかしながら、タンパク質 A は暗所では常に分解されており（あるいは暗所では翻訳が抑制されており）、夜が長いとタンパク質 A は機能を発揮するだけの量が蓄積しない。夜が短い時期になると、夕方と朝方には mRNA が存在している間に光が当り、タンパク質 A を安定化（あるいは翻訳促進）するシグナルが活性化される。タンパク質 A または、これにより調節される下流因子が茎頂分裂組織に運ばれて花成を促進する。

#【6】解答例

- 問1　NMR，Cryo-EM，中性子回折（原理は省略）
- 問2　試料は写真上下方向に配向しており，子午線上にある 2 つの強いスポット(c)が対応する
- 問3　弾性散乱なので，波長は変化しない．したがって λ =1.541Å
- 問4　$2d \sin \theta = n\lambda$ となるので，$n/d = 2 \times \sin\theta / \lambda$
  1/d =0.126 で逆数を計算して d=7.94 Å
- 問5　ア：フォールディング（フォールド），イ：位相角，ウ：電子密度，
  エ：αヘリックス，オ：ヘム鉄（鉄）
- 問6　省略
- 問7　二回軸で関係づけられると言うことは，(x,y,z)=(-x, y, -z)なので
  Tyr 115* O　-0.566　0.340　-0.002 と表される

【７】解答例

問１　tccggat$aa

途中経過は以下のとおりである。

$X_{\text{問1}}$

```
tagcatgca$
$tagcatgca
a$tagcatgc
ca$tagcatg
gca$tagcat
tgca$tagca
atgca$tagc
catgca$tag
gcatgca$ta
agcatgca$t
```

$Y_{\text{問1}}$

```
agcatgca$t
atgca$tagc
a$tagcatgc
catgca$tag
ca$tagcatg
gcatgca$ta
gca$tagcat
tagcatgca$
tgca$tagca
$tagcatgca
```

問２

⑦

```
ata?????
ata?????
a$c?????
cga?????
gat?????
tat?????
ta$?????
$cg?????
```

⑧

```
ata????g
ata????t
a$c????t
cga????$
gat????c
tat????a
ta$????a
$cg????a
```

⑨

```
gata????
tata????
ta$c????
$cga????
cgat????
atat????
ata$????
a$cg????
```

問３　atcatcac$

途中経過は以下のとおりである。

```
????????c
????????c
????????$
????????t
????????t
????????a
????????a
????????a
????????c
```

```
a???????c
a???????c
a???????$
c???????t
c???????t
c???????a
t???????a
t???????a
$???????c
```

```
ca???????
ca???????
$a???????
tc???????
tc???????
ac???????
at???????
at???????
c$???????
```

```
ac???????
at???????
at???????
ca???????
ca???????
c$???????
tc???????
tc???????
$a???????
```

```
ac??????c
at??????c
at??????$
ca??????t
ca??????t
c$??????a
tc??????a
tc??????a
$a??????c
```

```
cac??????
cat??????
$at??????
tca??????
tca??????
ac$??????
atc??????
atc??????
c$a??????
```

以下、「ソート→末尾追加→先頭に移動」を１コマにまとめて表記する。

```
cac$?????
catc?????
$atc?????
tcac?????
tcat?????
ac$a?????
atca?????
atca?????
c$at?????
```

```
catca????
catca????
$ac$a????
tcac$????
tcatc????
ac$at????
atcac????
atcat????
c$atc????
```

```
cac$at???
catcac???
$atcat???
tcatca???
tcatca???
ac$atc???
atcac$???
atcatc???
c$ac$a???
```

```
cac$atc??
catcac$??
$atcatc??
tcac$at??
tcatcac??
ac$ac$a??
atcatca??
atcatca??
c$atcat??
```

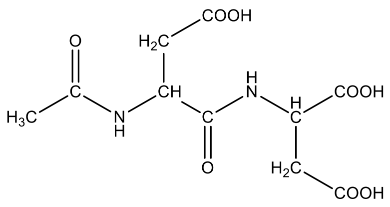
```
cac$ac$a?
catcatca?
$atcatca?
tcac$atc?
tcatcac$?
ac$atcat?
atcac$at?
atcatcac?
c$atcatc?
```

```
cac$atcat
catcac$at
$atcatcac
tcac$atca
tcatcat$a
ac$atcatc
atcac$atc
atcatcac$
c$atcatca
```

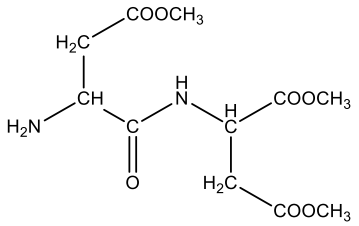
【8】解答例

問１

A



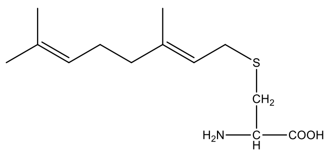
B



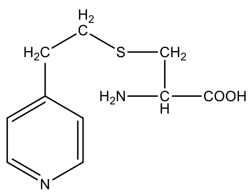
分子量：２９０

問２

（最も大きいもの）



（最も小さいもの）



問３

１） 二重結合の数：２個

二重結合の数を x とする。

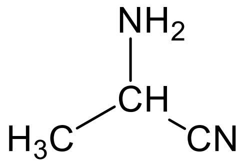
$x \times 0.025/(284-2x) = 0.004/22.4$

２） m=4, n=1

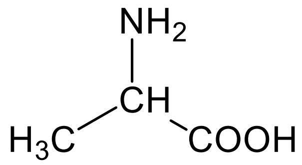
３） $CH_3(CH_2)_4CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$

問 4

D



E



【９】解答例

問１

x 成分: 右側のバネに働く力は $-kx$, 左側のバネに働く力は $-kx$。よって $F_x=-2kx$.
y 成分:　y 方向の変位がないので力 $F_y=0$.

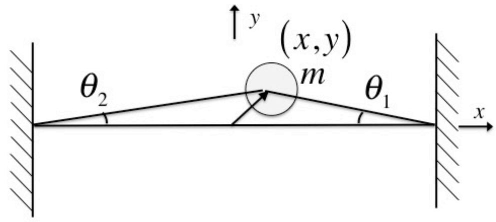


図3

問２

古典力学の運動方程式は以下で与えられる。

$$\therefore \begin{cases} m\dfrac{d^2x}{dt^2}=F_x\approx -2kx \\ m\dfrac{d^2y}{dt^2}=F_y\approx 0 \end{cases}$$

問３

右側のバネの長さは $\sqrt{(l-x)^2+y^2}$ 、左のバネの長さは $\sqrt{(l+x)^2+y^2}$ である。
右側のバネは、図 3 の θ_1 方向に $-k\left(\sqrt{(l-x)^2+y^2}-l\right)$ の力が働く。力の x 成分および y 成分をそれぞれ $F_{x,1}$ および $F_{y,1}$ とすると、

$$\begin{cases} F_{x,1}=k\left(\sqrt{(l-x)^2+y^2}-l\right)\cos\theta_1=k\left(\sqrt{(l-x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{l-x}{\sqrt{(l-x)^2+y^2}} \\ F_{y,1}=k\left(\sqrt{(l-x)^2+y^2}-l\right)\sin\theta_1=k\left(\sqrt{(l-x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{y}{\sqrt{(l-x)^2+y^2}} \end{cases}$$

左側のバネは、図 3 の θ_2 方向に $k\left(\sqrt{(l+x)^2+y^2}-l\right)$ の力が働く。力の x 成分および y 成分をそれぞれ $F_{x,2}$ および $F_{y,2}$ とすると、

$$\begin{cases} F_{x,2}=-k\left(\sqrt{(l+x)^2+y^2}-l\right)\cos\theta_2=-k\left(\sqrt{(l+x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{l+x}{\sqrt{(l+x)^2+y^2}} \\ F_{y,2}=-k\left(\sqrt{(l+x)^2+y^2}-l\right)\sin\theta_2=-k\left(\sqrt{(l+x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{y}{\sqrt{(l+x)^2+y^2}} \end{cases}$$

以上を合計すると x 方向および y 方向に働く力は、

$$\therefore \begin{cases} F_x=-k\left(\sqrt{(l+x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{l+x}{\sqrt{(l+x)^2+y^2}}+k\left(\sqrt{(l-x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{l-x}{\sqrt{(l-x)^2+y^2}} \\ F_y=-k\left(\sqrt{(l+x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{y}{\sqrt{(l+x)^2+y^2}}+k\left(\sqrt{(l-x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{y}{\sqrt{(l-x)^2+y^2}} \end{cases}$$

問４　左右２つのバネの働く力は問３と同じ。テイラー展開を使って $x/l, y/l$ の２次以上の項を省略すると、

$$\sqrt{(l-x)^2+y^2}=l\sqrt{\left(1-\frac{x}{l}\right)^2+\left(\frac{y}{l}\right)^2}\approx l\sqrt{1-\frac{2x}{l}}=l\left(1-\frac{1}{2}\frac{2x}{l}\right)=l\left(1-\frac{x}{l}\right).$$

これを問３の $F_{x,1}, F_{y,1}, F_{x,2}, F_{y,2}$ に代入すると、

$$\begin{cases} F_{x,1}=k\left(\sqrt{(l-x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{l-x}{\sqrt{(l-x)^2+y^2}}\approx -kx\dfrac{l-x}{l\left(1-\dfrac{x}{l}\right)}\approx -kx \\ F_{y,1}=k\left(\sqrt{(l-x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{y}{\sqrt{(l-x)^2+y^2}}\approx -kx\dfrac{y}{l\left(1-\dfrac{x}{l}\right)}\approx 0 \\ F_{x,2}=-k\left(\sqrt{(l+x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{l+x}{\sqrt{(l+x)^2+y^2}}\approx -kx\dfrac{l+x}{l\left(1+\dfrac{x}{l}\right)}\approx -kx \\ F_{y,2}=-k\left(\sqrt{(l+x)^2+y^2}-l\right)\dfrac{y}{\sqrt{(l+x)^2+y^2}}\approx -kx\dfrac{y}{l\left(1+\dfrac{x}{l}\right)}\approx 0 \end{cases}$$

同様に上下２つのバネに働く力を求める。上のバネの長さは $\sqrt{x^2+(l-y)^2}$ より、図４の θ_3 方向に $-k\left(\sqrt{x^2+(l-y)^2}-l\right)$ の力が働く。力の x 成分および y 成分をそれぞれ $F_{x,3}, F_{y,3}$ とすると、

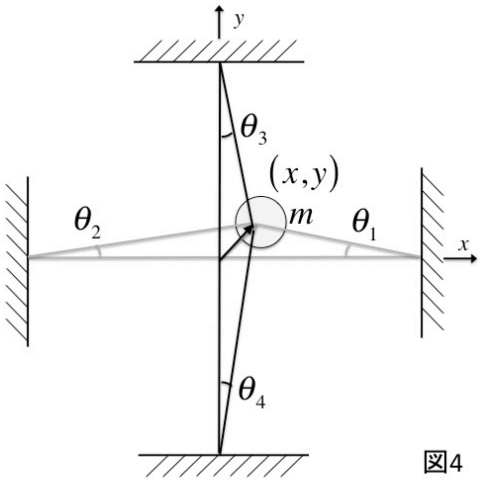


図4

$$\begin{cases} F_{x,3}=k\left(\sqrt{x^2+(l-y)^2}-l\right)\sin\theta_3\approx -ky\dfrac{x}{l\left(1-\dfrac{y}{l}\right)}\approx 0 \\ F_{y,3}=k\left(\sqrt{x^2+(l-y)^2}-l\right)\cos\theta_3\approx -ky\dfrac{l-y}{l\left(1-\dfrac{y}{l}\right)}\approx -ky \end{cases}$$

下のバネの長さは$\sqrt{x^2+(l+y)^2}$　より、図のθ_4方向に$k\left(\sqrt{x^2+(l+y)^2}-l\right)$の力が働く。$x$成分および$y$成分をそれぞれ$F_{x,4}$および$F_{y,4}$とすると、

$$\begin{cases} F_{x,4}=k\left(\sqrt{x^2+(l+y)^2}-l\right)\cos\theta_4 \approx -ky\dfrac{x}{l\left(1+\dfrac{y}{l}\right)} \approx 0 \\ F_{y,4}=k\left(\sqrt{x^2+(l+y)^2}-l\right)\sin\theta_4 \approx -ky\dfrac{l+y}{l\left(1+\dfrac{y}{l}\right)} \approx -ky \end{cases}$$

４つのバネに働く力を合計すると

$$\therefore \begin{cases} F_x \equiv F_{x,1}+F_{x,2}+F_{x,3}+F_{x,4} \approx -2kx \\ F_y \equiv F_{y,1}+F_{y,2}+F_{y,3}+F_{y,4} \approx -2ky \end{cases}$$

問６　問 5 の結果に基づいて運動方程式をたてると

$$\begin{cases} m\dfrac{d^2x}{dt^2}=F_x \approx -2kx \\ m\dfrac{d^2y}{dt^2}=F_y \approx -2ky \end{cases}$$

この運動方程式（微分方程式）の解は、積分定数 A, B, C, D を用いて以下になる。

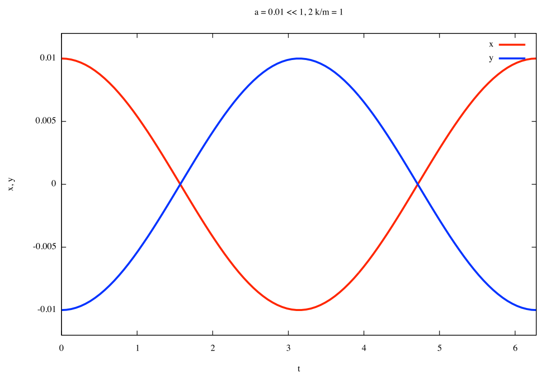
$$\begin{cases} x(t)=A\cos\left(\sqrt{\dfrac{2k}{m}}t+B\right) \\ y(t)=C\cos\left(\sqrt{\dfrac{2k}{m}}t+D\right) \end{cases}$$

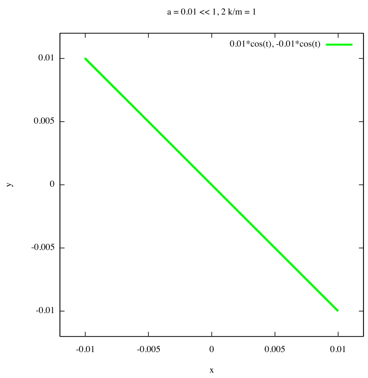
（ア）　$t=0$ において、

$x=a,\ dx/dt=0$ より、$A = a,\ B = 0.$

$y=-a,\ dy/dt=0$ より、$C=-a,\ D=0.$

$$\therefore \begin{cases} x(t) = a\cos\left(\sqrt{\dfrac{2k}{m}}t\right) \\ y(t) = -a\cos\left(\sqrt{\dfrac{2k}{m}}t\right) \end{cases}$$





（イ）　$t=0$ において、

$x=a,\ dx/dt=0$ より $A=a,\ B=0.$

$y=0,\ dy/dt=a\sqrt{2k/m}$ より $C=-a,\ D=\dfrac{\pi}{2}$

$$\therefore \begin{cases} x(t) = a\cos\left(\sqrt{\dfrac{2k}{m}}t\right) \\ y(t) = a\sin\left(\sqrt{\dfrac{2k}{m}}t\right) \end{cases}$$