練 習 問 題

用語

問 1

次のa～lの用語に最もよく合致するものを，下の1～12から選びなさい。

a　組換え
b　連鎖
c　カイ2乗検定
d　キアズマ
e　テトラタイプの四分子
f　遺伝子座
g　一致係数
h　干渉
i　両親型の四分子
j　子嚢胞子
k　第一分裂分離
l　モザイク

1　期待値と観察値とのずれを検定するための統計的な手法
2　異なる遺伝子型をもつ4つの胞子をもつ子嚢
3　その染色体で1回乗換えが起こると，その近傍での2回目の乗換えが起きにくくなる現象
4　2つの遺伝子座での配偶子での組換えが50％以下の場合をいう
5　染色体上の遺伝子の相対的な位置
6　観察された2回乗換えの期待される2回乗換えとの比
7　異なる遺伝子型をもつ細胞からなる個体
8　相同染色体間の部分的な交換により，新たな遺伝子の組合せができること
9　遺伝子の2つの対立遺伝子が減数第一分裂で分離する場合をいう
10　組換えを起こしていない2種類の胞子のみからなる子嚢
11　相同染色体間で起こる乗換えの場所で形成される構造
12　袋に包まれた真菌類の胞子

5.1

問 2

メンデルは，得られたデータと自分の仮説をどのように照合したのか？ 例えば，彼は*Yy Rr*（*Y*は黄色，*y*は緑色，*R*は丸，*r*はしわ）個体の自家受粉により，315個の黄色で丸，101個の黄色でしわ，108個の緑色で丸，32個の緑色でしわの次世代の個体を得た。彼の分離と独立遺伝の仮説では，この場合，9：3：3：1の比率が予測される。カイ2乗検定を用い，データと予測が有意に異なっているかどうかを調べなさい（カイ2乗検定は，メンデルの時代にはなかったため，実際には彼はデータと仮説の整合性を調べることはできなかった）。

問 3

ヘビの一種であるアカダイショウでは，皮膚の色が2つの遺伝子により支配されている。*O*– *B*–のヘビは茶色，*O*– *bb*のヘビは橙色，*oo B*–は黒色，そして*oo bb*はアルビノとなる。橙色のヘビと黒色のヘビを交配し，多数のF_1個体を得たが，そのすべては茶色であった。F_1個体どうしを交配したところ，100個体は茶色，25個体は橙色，22個体は黒色，そして13個体はアルビノであった。

a　F_1ヘビの遺伝子型はどうであったか？
b　2つの遺伝子が独立遺伝をするとしたら，F_2ヘビはどのような色の個体がどの比率で生まれると期待されるか？
c　独立遺伝をすると仮定すると，観察された結果は期待値と有意に異なるといえるか？
d　観察値と期待値の大きな違いが偶然に起こったといえる確率はどのくらいか？

問 4

通常の歩行をする純系のマウスとダンスのように奇妙な歩行をするマウスを交配すると，F_1個体はすべて通常の歩行を示した。

a　もしダンス歩行が単一遺伝子の劣性遺伝子のホモ接合で現れるとすると，F_2マウスではどのくらいの割合でダンス歩行が現れるか？
b　ダンス歩行が現れるためには，2つの異なる遺伝子がともに劣性ホモであるとすると，それらの遺伝子に連鎖がなければ，どのくらいの割合のF_2マウスがダンス歩行を示すか？
c　F_2マウスを得たところ，42個体は正常で，8個体はダンス歩行を示した。カイ2乗検定を用い，この結果はaの単一遺伝子によるものか，あるいはbの2つの遺伝子によるものか，いずれがより当てはまるかを調べなさい。

問 5

ショウジョウバエを用い，眼の色がラズベリー色の純系の雄と体色が黒色の純系の雌を交配した。F_1ではすべての雌は野生型の色の眼と体色であったが，雄では眼の色は野生型であったものの体色は黒色であった。F_1どうしを交配すると，雌では野生型の眼の色と体色が216個体，野生型の眼の色で黒色の体色が223個体，雄では野生型の眼の色と黒色の体色が191個体，ラズベリー色の眼の色と野生型の体色が188個体，野生型の眼の色と体色が23個体，そしてラズベリー色

の眼の色で黒色の体色が27個体であった。これらの結果から，交配を図式化するとともに，それぞれの遺伝子間の距離を計算しなさい。

問6

図5.5（p.118）では，独立遺伝のもとで両親型と組換え型の数が等しくなると仮定した場合に期待される値と，実際に2つの遺伝子の間で観察された両親型と組換え型の値が有意に異なるかどうかを知るために，カイ2乗検定が適用されている。同じような実験では，遺伝子型の組合せ（*A B*，*a b*，*A b*，*a B*）を用いて，その比が1：1：1：1となるというナル仮説を立てて検定を行うやり方もある。2つの方法を用いてデータを分析する際に，便利な点，不便な点を考慮して，次の問いに答えなさい。

a　それぞれの場合でナル仮説はどのようになるか？

b　どちらが連鎖の検定に敏感だろうか？ また，図5.5のデータを2番目の方法で検定しなさい。

c　1つの遺伝子の1つの対立遺伝子が生存率を下げるような状況では，2つの方法はどういう結果を示すか？

問7

マウスにおいて，X染色体連鎖の*Greasy*遺伝子の優性遺伝子である*Gs*ではつやのある被毛となり，劣性の野生型遺伝子であるGs^{+}では通常の被毛となる。同じくX染色体連鎖である*Broadhead*遺伝子の優性遺伝子である*Bhd*では，骨格に異常が生じ，幅広い頭部と鼻先をもつ。劣性の野生型遺伝子であるBhd^{+}では通常の骨格となる。両方の遺伝子をともにヘテロ接合でもつ雌と野生型の雄を交配した。交配で生まれた次世代の雄100個体のうち，49個体はつやのある被毛をもち，48個体は骨格の異常を示し，2個体はつやのある被毛と骨格の異常の両方を示し，1個体は野生型であった。

a　交配の結果を図式化し，2つの遺伝子間の距離を計算しなさい。

b　この交配で生まれた雌100個体を調べたら，どのような結果になるか？

問8

*CC DD*個体と*cc dd*個体を交配し，生まれたF_1個体に対して*cc dd*の親との戻し交配を行ったところ，*Cc Dd*が903個体，*cc dd*が897個体，*Cc dd*が98個体，*cc Dd*が102個体という結果が得られた。

a　*c*遺伝子座と*d*遺伝子座はどのくらい離れているか？

b　*CC dd*個体と*cc DD*個体の交配によるF_1に対して，*cc dd*個体との戻し交配を行ったとしたら，次世代にはどんな形質がどんな割合で生まれると予想できるか？

問9

ヒトの遺伝子で*a*と*b*の遺伝子座が20地図単位離れていて，*A B* / *a b*の女性と*a b* / *a b*の男性の間に子どもが生まれたとする。第一子が*A b* / *a b*である確率はどのくらいか？

問10

ある家系の男性ジョンとその母親は短指症（稀な常染色体性優性形質で，先天的に指が短い）である。ジョンの父親は，ハンチントン病（これも稀な優性形質）である。ジョンの妻は正常であるが，現在妊娠中である。ハンチントン病の遺伝子を受け継いだ人の3分の2は50歳までに症状を示すようになる。ジョンは現在50歳だが，病気の徴候はない。短指症は90％発症する。

a　ジョンの両親の遺伝子型はどのようであるか？

b　ジョンの遺伝子型にはどのような可能性があるか？

c　2つの遺伝子が連鎖していないとすると，ジョンの子どもが50歳で短指症とハンチントン病の両方を発症する可能性はどれほどあるか？

d　もし両方の遺伝子座が20地図単位離れていたとすると，cの答えはどう変わるか？

問11

マウスでは，ヘモグロビンのβグロビンをコードする遺伝子座はアルビノ（ヒトの白皮症に対応）の遺伝子座から1地図単位離れている。これがヒトでも当てはまると仮定しよう。鎌状赤血球貧血症は，βグロビン遺伝子のある変異がホモ接合となった場合に起こる。

a　白皮症（アルビノ）の男性と鎌状赤血球貧血症の女性の間に息子が生まれた。この息子はどのような種類の配偶子をどのくらいの割合でつくるか？

b　正常な男性と白皮症で鎌状赤血球貧血症の女性との間に娘が生まれた。この娘はどのような種類の配偶子をどのくらいの割合でつくるか？

c　aの息子が成長して，同じく成長したbの娘と夫婦になるとすると，2人の間に生まれる子のうちで白皮症や鎌状赤血球貧血症の子どもが生まれる確率はどのくらいだろうか？

問12

トウモロコシでは，遺伝子*A*–ではトウモロコシの粒に青色の色素であるアントシアニンが沈着し，*aa*では黄色の粒になる。第二の遺伝子*W*–では丸みのある粒ができ，*ww*ではしわのある粒ができる。青色で丸みのある粒をつくる植物体と黄色でしわのある植物体を交配した。次世代では，青色で丸みのある粒が1,447個，青色でしわのある粒が169個，黄色で丸みのある粒が186個，黄色でしわのある粒が1,510個

できた。

a　*a* と *w* の遺伝子座は連鎖しているだろうか？ もしそうなら，どのくらい離れているか？

b　青色でしわのある親の遺伝子型はどのようか？ ただし，対立遺伝子は安定しているものとする。

c　青色でしわのある粒から育てた植物体と，黄色で丸みのある粒から育てた植物体を交配したとすると，どのような形質の粒がどのくらいの割合でできるか？

問 13

色素を欠くアルビノのウサギは，劣性遺伝子 *c* のホモ接合である（*C* は色素形成の遺伝子である）。劣性遺伝子 *b* のホモ接合であるウサギは茶色の色素をつくり，優性の *B* が 1 つでもあれば，黒色の色素をつくる。純系の茶色のウサギをアルビノウサギ（*B* 遺伝子については *BB*）と交配した。F_1 ウサギはすべて黒色であった。これをともに劣性の *bb cc* ウサギと交配した。得られた次世代は，34 個体が黒色，66 個体が茶色，100 個体がアルビノであった。

a　*b* と *c* が連鎖していなかったら，表現型の比率はどうなるか？

b　2 つの遺伝子座はどのくらい離れているか？

問 14

次の条件では，何種類の表現型が現れうるかを答えなさい。ただし，性の違いは除外し，問題にしている遺伝子は 1 つにせよ，2 つにせよヘテロ接合で同じ遺伝子型（*Aa* あるいは *Aa Bb*）であり，多数の F_1 個体を観察しているものとする。なお，遺伝子の相互作用なしとは，1 つの遺伝子によって決められた表現型が他の遺伝子の遺伝子型によって影響を受けることはないという意味である。

a　1 遺伝子：*A* が *a* に対して完全に優性。

b　1 遺伝子：*A* と *a* が共優性。

c　1 遺伝子：*A* が *a* に対して不完全に優性。

d　2 つの非連鎖の遺伝子：遺伝子の相互作用なし。*A* は *a* に対して，*B* は *b* に対して，完全に優性。

e　2 つの遺伝子で，10 地図単位離れている。遺伝子の相互作用なし。*A* は *a* に対して，*B* は *b* に対して完全に優性。

f　2 つの非連鎖の遺伝子：遺伝子の相互作用なし。*A* と *a* は共優性，*B* は *b* に対して不完全優性。

g　2 つの遺伝子で，10 地図単位離れている。*A* は *a* に対して，*B* は *b* に対して完全に優性。遺伝子間で劣性上位性がみられる。

h　2 つの連鎖していない重複した遺伝子（*A* と *B* が同じ機能をもつ）：*A* も *B* もそれぞれ *a* と *b* に対して完全に優性。

i　2 つの遺伝子で，0 地図単位離れている。遺伝子の相互作用はなし。*A* は *a* に対して，*B* は *b* に対して完全に優性（2 つの解答がある）。

問 15

a と *b* の遺伝子座が 40 センチモルガン離れており，*AA BB* 個体と *aa bb* 個体を交配したとする。

a　F_1 個体はどのような配偶子をどのような割合でつくるか？（どちらも完全優性として）F_2 世代ではどのような表現型の組合せがどのくらいの割合で出てくるか？

b　最初の交配が *AA bb* と *aa BB* だったら，F_1 の配偶子の比率はどうなるか？ F_2 世代ではどうなるか？

問 16

ヒトの稀な常染色体性優性の病気に連鎖する DNA 変異が見つかり，病気の遺伝子の遺伝を追跡するマーカーとして使われてきた。情報源となり得る家系（片方の親が病気の遺伝子と DNA マーカーの両方について，染色体上の並び方はヘテロ接合で存在し，その相手が同じ DNA 変異の対立遺伝子をもたないこと）の中で，胎児への診断に使えそうなマーカーとして信頼できるかどうかを知ろうとして，病気の遺伝子と DNA マーカーとの距離との関連を調べた。病気の遺伝子を受けとった男性（遺伝子型は *Dd*）は，DNA 変異については V^1 型と V^2 型のヘテロ接合であり，今仮に *D* 遺伝子のある染色体に V^1 が，*d* 遺伝子のある染色体に V^2 があるとしよう。彼の妻は V^3V^3 / *dd* である。V^3 は DNA マーカーとは別の対立遺伝子という意味である。羊水穿刺の結果から，胎児の DNA マーカーは V^2V^3 であることがわかった。*D* 遺伝子座とマーカーの遺伝子座の間の距離が以下のようだったとすると，胎児が病気の対立遺伝子 *D* を受けとる可能性はどのくらいか？

（a）0 地図単位，（b）1 地図単位，（c）5 地図単位，
（d）10 地図単位，（e）50 地図単位

問 17

ショウジョウバエでは *dumpy* 遺伝子の劣性遺伝子 *dp* は短くて曲がった翅となり，*brown* 遺伝子の劣性遺伝子 *bw* は茶色の眼となる。両方の遺伝子がヘテロ接合の雌を用いた戻し交配で，以下の結果が得られた。

野生型の翅で野生型の眼	178
野生型の翅で茶色の眼	185
短い翅で野生型の眼	172
短い翅で茶色の眼	181

一方，同じように両方の遺伝子について，ヘテロ接合の雄を用いた戻し交配では，上とは異なる結果が得られた。

野生型の翅で野生型の眼	247
短い翅で茶色の眼	242

a　最初の戻し交配からはどんな結論が得られるか？
b　2番目の戻し交配からはどんな結論が得られるか？
c　aとbの結論がともに成り立つためには，どのように考えたらいいだろうか？ 2種類のデータの違いを明白にするためには，遺伝子の並び方を調べるどんな工夫を加えた実験を行ったらいいか？
d　*dumpy*と*brown*遺伝子間の距離は91.5地図単位である。この値はどうやったら測定できるか？

問18

朱色の眼（*cn*）と短い剛毛（*rd*）は，ショウジョウバエの常染色体の劣性変異である。野生型のホモ接合の雌と，朱色の眼で短い剛毛の雄を交配し，F_1どうしを交配してF_2を得た。F_2 400個体のうち，292個体は野生型，9個体は朱色の眼，7個体は短い剛毛，92個体は短い剛毛で朱色の眼だった。これらの結果の内容を説明し，*cn*と*rd*遺伝子座の距離を求めなさい。

5.2

問19

ショウジョウバエで，1番目の遺伝子の劣性変異*mb*は剛毛を欠き，2番目の遺伝子の劣性変異*e*は黒色の体色に，3番目の遺伝子の劣性変異*k*は腎臓型の眼になる（それぞれの優性の野生型遺伝子は＋で示している）。表にある3種類の親の組合せの交配から生まれたF_1の雌に，それぞれ対応する遺伝子の劣性ホモの雄を用いて戻し交配を行った。その戻し交配の結果が表に示されている。これらの結果を用いて，遺伝地図を完成しなさい。

親の組合せ	F_1の雌との戻し交配	
$mb^+\ mb^+, e^+\ e^+ \times$ $mb\ mb, e\ e$	正常な剛毛で正常な体色 正常な剛毛で黒色の体色 剛毛なしで正常な体色 剛毛なしで黒色の体色	117 11 15 107
$k^+\ k^+, e\ e \times k\ k, e^+\ e^+$	正常な眼で正常な体色 正常な眼で黒色の体色 腎臓型の眼で正常な体色 腎臓型の眼で黒色の体色	11 150 144 7
$mb^+\ mb^+, k^+\ k^+ \times$ $mb\ mb, k\ k$	正常な剛毛で正常な眼 正常な剛毛で腎臓型の眼 剛毛なしで正常な眼 剛毛なしで腎臓型の眼	203 11 15 193

問20

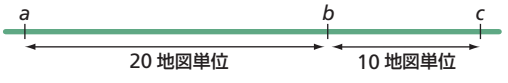
キツネノテブクロの筒状花では野生型は赤色の花だが，*white*と呼ばれる変異では白色の花になる。別の変異*peloria*（整正花）では花柄の先端が大きくなる。また，別の変異*dwarf*は花柄の長さに影響を与える。ここで白色の花の植物体（他の表現型は野生型である）と，花柄に変異*dwarf*と*peloria*をもち，花の色が赤色の植物体を交配する。F_1植物はすべて草丈が高く，白色で正常な大きさの花を咲かせた。このF_1植物を*dwarf*と*peloria*の株とで戻し交配を行い，543株の次世代を得た。内訳は，以下のようである（変異形質のみ挙げた）。

dwarf, peloria	172
white	162
dwarf, peloria, white	56
野生型	48
dwarf, white	51
peloria	43
dwarf	6
peloria, white	5

a　どの対立遺伝子が優性か？
b　最初の交配で，親の遺伝子型はどのようだったか？
c　3つの遺伝子の連鎖関係を遺伝地図に示しなさい。
d　干渉はあったか？ もしあれば，一致係数と干渉値を計算しなさい。

問21

ショウジョウバエで常染色体上の3つの遺伝子が下のような位置関係にあるとする。



a　今，$a^+\ b^+\ c^+$ / $a\ b\ c$の雌と$a\ b\ c$ / $a\ b\ c$の雄を交配したとする。次世代の個体を1,000個体数えたとすると，以下の表現型の組合せの個体は，それぞれどれくらい出現すると期待できるか？ ただし，この領域で干渉は起こらないものとする。

a^+	b^+	c^+
a	b	c
a^+	b	c
a	b^+	c^+
a^+	b^+	c
a	b	c^+
a^+	b	c^+
a	b^+	c

b　雄と雌を逆にして$a^+\ b^+\ c^+$ / $a\ b\ c$の雄と$a\ b\ c$ / $a\ b\ c$の雌を交配したとすると，上と同じ表現型の組合せの個体は，それぞれどのくらい出現すると期待できるか？

問22

桃色の花弁，黒色の葯，長い花茎の金魚草を自家受粉させた。650の次世代の個体を得て，その表現型の組合せは以下のとおりだった。

78	赤色	長	褐色
26	赤色	短	褐色
44	赤色	長	黒色
15	赤色	短	黒色
39	桃色	長	褐色
13	桃色	短	褐色
204	桃色	長	黒色
68	桃色	短	黒色
5	白色	長	褐色
2	白色	短	褐色
117	白色	長	黒色
39	白色	短	黒色

a　一方の対立遺伝子を*P*，もう一方を*p*として，花の色がどのように遺伝したかを示しなさい。
b　650個体のうち，花の色の赤色：桃色：白色の比率はいくつになると期待されるか？
c　葯の色と花茎は，どのように遺伝していると考えられるか？
d　もとの植物体の遺伝子型は，どのようであったと考えられるか？
e　3つの遺伝子は独立に遺伝しているか？
f　連鎖している遺伝子があれば，もとの植物体での相同染色体上の遺伝子の並び方と，計算される遺伝子間の距離を示しなさい。

問23

ショウジョウバエの劣性変異*sc*（*scute*），*ec*（*echinus*），*cv*（*crossveinless*），*b*（*black*）をもつ雄と表現型上は野生型である雌を交配し，以下の3,288個体を得た。ただし，変異形質のみを示している。

653	black, scute, echinus, crossveinless
670	scute, echinus, crossveinless
675	野生型
655	black
71	black, scute
73	scute
73	black, echinus, crossveinless
74	echinus, crossveinless
87	black, scute, echinus
84	scute, echinus
86	black, crossveinless
83	crossveinless
1	black, scute, crossveinless
1	scute, crossveinless
1	black, echinus
1	echinus

a　雌の親の遺伝子型を図式化しなさい。
b　遺伝子座を遺伝地図にしなさい。
c　干渉が起こった証拠はあるだろうか？ 数字で根拠を示しなさい。

問24

独立に表現型を支配するショウジョウバエの常染色体上の3つの劣性変異〔*thread antennae*（*th*），*hairy body*（*h*），*scarlet eye*（*st*）〕をヘテロ接合でもつ雌と，3つの遺伝子がすべて劣性ホモの雄とで戻し交配を行った。次世代を1,000個体数え，その結果は以下のとおりであった。

thread, hairy, scarlet	432
野生型	429
thread, hairy	37
thread, scarlet	35
hairy	34
scarlet	33

a　最初の雌の親の染色体上での遺伝子の並び方を示しなさい。
b　この結果を説明できる遺伝地図を作成しなさい。
c　干渉があると考えられれば，干渉値を算出しなさい。

問25

タバコのバージニア株の純系には，葉の形態（*M*），色（*C*），大きさ（*S*）を支配する優性遺伝子がある。カロライナ株ではこれらの遺伝子は，3つとも劣性ホモの状態である。これらの遺伝子は，同じ染色体上にあって，その遺伝地図は以下のようである。



今，両株のF_1雑種をカロライナ株と戻し交配を行った。ただし，干渉は起こらないものとする。

a　戻し交配の次世代の個体の中で，3つの形質ともバージニア株と同じになる割合はどのくらいになるか？

b　戻し交配の次世代の個体の中で，3つの形質ともカロライナ株と同じになる割合はどのくらいになるか？

c　戻し交配の次世代の個体の中で，葉の形態と大きさはバージニア株と同じだが，葉の色だけがカロライナ株と同じになる個体の割合はどのくらいになるか？

d　戻し交配の次世代の個体の中で，葉の形態と色はバージニア株と同じだが，葉の大きさだけがカロライナ株と同じになる個体の割合はどのくらいになるか？

問26

a　ショウジョウバエにおいて，*A b* / *a B*の形式で示すことができるヘテロ接合のF_1どうしの交配では，2つの遺伝子間の距離にかかわらず，F_2世代の表現型の割合は同じになる。ただし，どちらの常染色体の遺伝子も優劣は完全であるとする。この割合はどれだけになるか？もしF_1のヘテロ接合の形式が*A B* / *a b*であったらどうなるか？

b　マウスで*A b* / *a B*の形式で示すことができるヘテロ接合のF_1どうしを交配すると，F_2世代の表現型比は2つの遺伝子間の距離に応じて変動する。雄と雌で組換え頻度に差はないとすると，F_2世代の表現型比をもとにして遺伝子間の地図上の距離を求める方法はあるか？もしF_1のヘテロ接合の形式が*A B* / *a b*であったらどうなるか？

問27

下の表は，ショウジョウバエの変異で，対立遺伝子名，遺伝子名，変異の表現型を示したものである。

対立遺伝子名	遺伝子名	変異の表現型
dwp	*dwarp*	小さな体，曲がった翅
rmp	*rumpled*	乱れた剛毛
pld	*pallid*	淡色の翅
rv	*raven*	暗い眼の色と体色

これらの変異をもつ個体の交配を行って，以下に示す結果を得た。

交配1：dwarp, rumpledの雌 × pallid, ravenの雄
　→ dwarp, rumpledの雄と野生型の雌

交配2：pallid, ravenの雌 × dwarp, rumpledの雄
　→ pallid, ravenの雄と野生型の雌

交配1で得られたF_1の雌と*dwarp*, *rumpled*, *pallid*, *raven*の純系の雄を交配した。その結果，得られた次世代の1,000個体の表現型は以下のようであった。

pallid	3
pallid, raven	428
pallid, raven, rumpled	48
pallid, rumpled	23
dwarp, raven	22
dwarp, raven, rumpled	2
dwarp, rumpled	427
dwarp	47

4つの遺伝子について，距離などの値も含めて，遺伝地図を作成しなさい。干渉があると考えられる場合にはその値も示しなさい。

問28

酵母の1倍体株*a f g*と，もう1つの株α ＋ ＋（*a*とαは接合型である）を交配した。交配の結果できた2倍体を胞子形成させ，ランダムにとった101の胞子を調べたところ，以下の結果が得られた。

α	＋	＋	31
a	*f*	*g*	29
a	*f*	＋	14
α	＋	*g*	13
a	＋	*g*	6
α	*f*	＋	6
a	＋	＋	1
α	*f*	*g*	1

a　交配にかかわった遺伝子座を遺伝地図にしなさい。

b　3つの遺伝子が同じ染色体のセントロメアから見て同じ側にあるとすると，1つの子嚢の中にα *f g*という胞子はあるが，*a* ＋ ＋という胞子はない，という状況はありえるだろうか？もしあるのなら，そのような子嚢の減数分裂で起こった過程を示しなさい。

問29

アカパンカビで，*a* ＋ *c*という遺伝子型をもつ株と，＋ *b* ＋をもつ株を交配し，以下のような四分子が得られた。ただし，8個の胞子のうちの2個ずつが対で，同じ遺伝子型であるので，4組の遺伝子型を示している。

a ＋ *c* *a* ＋ *c* ＋ *b* ＋ ＋ *b* ＋	*a b c* *a b c* ＋＋＋ ＋＋＋	＋＋ *c* *a* ＋ *c* ＋ *b* ＋ *a b* ＋	＋ *b c* *a b c* ＋＋＋ *a* ＋＋	*a b* ＋ *a b* ＋ ＋＋ *c* ＋＋ *c*	*a* ＋ *c* *a b c* ＋＋＋ ＋ *b* ＋
137	141	26	25	2	3

a　この結果を得るために，いくつの細胞が減数分裂を行ったか？

b　この結果をうまく説明できる遺伝地図を作成しなさい。遺伝子間および各遺伝子とセントロメアの間の距離も示しなさい。

c　1 番右の四分子の組合せが生じる減数分裂での様子を図にしなさい。

問30

アカパンカビの接合型遺伝子と，2つの遺伝子 *ad* と *p* のいずれかに注目した交配を行った。いずれの場合も接合型遺伝子座（*A* または *a*）は，他の単一遺伝子と同様に分離する。交配1は *ad A* × ＋ *a* で，交配2は *p A* × ＋ *a* である。交配1では，両親型の四分子が10，非両親型の四分子が9，テトラタイプの四分子が1得られた。交配2では，両親型の四分子が24，非両親型の四分子が3，テトラタイプの四分子が27得られた。

a　接合型遺伝子座と他の2つの遺伝子の間では，連鎖関係はみられるのだろうか？

b　アカパンカビを用いた交配にもかかわらず，この結果から遺伝子とセントロメアの間の距離を計算することができない。なぜできないのだろうか？

問31

酵母で生育にメチオニンとリシンを必要とする株（*met*$^-$ *lys*$^-$）と，どちらのアミノ酸も生育に必要ない株（*met*$^+$ *lys*$^+$）を交配した。子嚢100個から胞子を分離し，それぞれの胞子から生育した細胞を得た。それぞれの細胞は最少培地に，何も加えないもの（最少培地），リシンを加えたもの（lys），メチオニンを加えたもの（met），両方加えたものを用意し，生育できるかどうかを調べた。この実験により子嚢は2つの組に分かれた。

組1：89個の子嚢では，4個の胞子のうちの2個は4種類のいずれの培地でも生育したが，残りの2個は最少培地にリシンとメチオニンを添加した培地でのみ生育した。
組2：残りの11個の子嚢では，4個の胞子由来の細胞のうち，1番目はいずれの培地でも生育を示し，2番目は最少培地にリシンを添加した培地と，リシンとメチオニンを添加した培地で生育した。3番目はメチオニンを添加した培地と，メチオニンとリシンを添加した培地で生育し，4番目はリシンとメチオニンを添加した培地でのみ生育を示した。

a　2組の子嚢の中の胞子の遺伝子型はどのようであるか？

b　*lys* と *met* は連鎖しているだろうか？ もしそうなら両者の距離はどれほどだろうか？

c　この実験の規模を大きくして，もっとたくさんの子嚢を調べると，上とは少し違う組合せからなる子嚢が現れると考えられる。このような子嚢での4つの胞子の表現型を示しなさい。これらの胞子からの培養が4種類の培地でどのような生育を示すかを表にしなさい。

問32

酵母の *a*，*b*，*c* 遺伝子座は異なる染色体上にある。今，*a*＋株と＋ *b* 株を交配して四分子解析を行ったところ，両親型と非両親型の四分子が等しい頻度で現れたが，テトラタイプの子嚢は1つもなかった。今度は，*a* ＋株と＋ *c* 株，および *b* ＋株と＋ *c* 株とを交配したところ，前とは違って多くのテトラタイプの四分子が現れた。この結果についてどんな解釈ができるか示しなさい。

問33

下の遺伝子型をもつパン酵母の2倍体を胞子形成させたとき，いくつの胞子がどのくらいの割合で生き残るのかを示しなさい。

a　純系の野生株（生育に必須な遺伝子には変異がない）。

b　ある生育に必須な遺伝子が1つは完全に不活性化され，もう1つは正常なヘテロ接合の株。

ここからあとの問題では，酵母の交配 *a* × *b* を考える際に，*a* も *b* も互いに異なる生育に必須な遺伝子を温度感受性としてもつ状態を想定する。交配は許容条件（低い温度）で行う。胞子形成の後，胞子からえた細胞を非許容制限条件（高い温度）に移したとき，いくつの胞子がどのくらいの割合で生き残るのかを示しなさい。

c　*a* と *b* は連鎖しておらず，いずれもそれぞれの染色体のセントロメアとの距離は0地図単位である。

d　*a* と *b* は連鎖しておらず，*a* はセントロメアとの距離が0地図単位であるが，*b* はセントロメアから10地図単位離れている。

e　*a* と *b* は0地図単位離れている。

f　*a* と *b* は10地図単位離れている。*a* と *b* の間で起こる乗換えは1回のみ起こるとする。

g　f で，もし *a* と *b* の間で染色分体4本が関与する2回乗換えが起こるとすると，胞子形成でできた四分子のうち，非許容条件ではいくつの胞子由来の細胞が生育可能だろうか？

問34

2つの遺伝子が以下のように染色体上に位置している。



1倍体どうしの交配 *CD* × *cd* を行った。

a　この交配がパン酵母で，この遺伝子領域の干渉値が1であった場合，両親型の四分子，非両親型の四分子，テトラタイプの四分子はどのような割合で生じるか？

b　aで，干渉値が0だった場合はどうなるか？

c　この交配がアカパンカビで，この遺伝子領域の干渉値が1であった場合，両親型，非両親型，テトラタイプはどのような割合で生じるか？ なお，四分子が両親型，非両親型，テトラタイプのいずれになるかだけでなく，それぞれの遺伝子について，第一分裂分離あるいは第二分裂分離のいずれを示したかも考慮する必要がある。

d　cで，干渉値が0だった場合はどうなるか？

問35

ヒスチジンのない培地では生育できない酵母株（*his*$^-$）と，リシンのない培地では生育できない株（*lys*$^-$）を交配させた。400の非整列性の四分子を調べ，233の両親型，11の非両親型，156のテトラタイプの結果を得た。

a　両親型，非両親型，テトラタイプの四分子では，胞子はどのような組合せになるだろうか？

b　*his*遺伝子と*lys*遺伝子の間はどれほどの距離か？

c　乗換えが2回以上起こらないとすると，400個の子嚢のうちで乗換えが0回，1回，2回のものは，それぞれいくつあると推定できるか？

d　cの答えを踏まえると，この2つの遺伝子近傍での1回の減数分裂あたりの平均の乗換えの回数はどれくらいか？

e　RF（組換え頻度）＝ 100 ×（非両親型 ＋ 1/2テトラタイプ）/ 総子嚢数　という式から，すべてではないにせよ，2つの遺伝子の間で起こった2回乗換えの頻度を推定できる。四分子分析の結果から，2つの遺伝子の距離の計算するための式を精緻化することで，dの答えを補正することができるか？

f　eで補正を加えた式を利用して，*his*遺伝子と*lys*遺伝子の間の距離をより精密に計算したらどうなるか？

問36

アカパンカビからトリプトファンがないと生育できない *trp*$^-$株が独立に3株得られた。これらを接合型の野生株と交配して子嚢胞子を得て調べたところ，八分子の4組の対のうち，2組は最少培地で生育可能であったが，残りの2組は最少培地では生育不可能であった。

a　この結果から結論できることは何か？

変異株1あるいは変異株2と野生株との交配では，ある八分子の上2組のうちの1組は最少培地で生育可能だったが，もう1組は最少培地では生育不可能だった。変異株3と野生株との交配では，八分子の上2組のすべての胞子が最少培地で生育可能であるか，どの胞子も生育不可能であるかのいずれかであった。

b　この結果から結論できることは何か？

次に，変異株から2株ずつを選んで交配実験を行った。片方の変異株の接合型が*A*である場合には，もう片方の変異株は*a*接合型の株を用いた。2株ずつを交配してそれぞれの八分子をばらばらにし，個々の胞子のいくつが最少培地で生育可能かどうかを調べた結果が下の表である。

接合の組	最少培地で生育した胞子が八分子の中の*x*個であった子嚢の割合（%）				
	$x = 0$	2	4	6	8
1 × 2	78	22	0	0	0
1 × 3	46	6	48	0	0
2 × 3	42	16	42	0	0

c　表の3つの交配について100個の八分子のうちの両親型，非両親型，テトラタイプはそれぞれどれだけか？

d　表の結果を説明できる遺伝地図を作成しなさい。ただし，試料数は少ないので，2回乗換えはなかったものとする。

e　この問題はアカパンカビが材料であるが，この表の接合を示す例が他の整列性の八分子に当てはまらないこともある。それはなぜか？

f　結果に示されていないにもかかわらず，この表の交配結果から遺伝子とセントロメアの間の距離を知ることができる。それはなぜか？

5.3

問37

1個の酵母細胞を寒天培地上に置くと，やがて分裂して増殖し，およそ10^7個の細胞になる。1倍体酵母の*ade2*遺伝子の変異は赤色のコロニーを生じる。一方，*ade2*$^+$のコロニーは白色である。*ade2*$^+$ / *ade2*$^-$の遺伝子型をもつ2倍体細胞のコロニーの一部は，白色のコロニーの中に赤色の部分が混じるセクターのあるコロニーとなる。

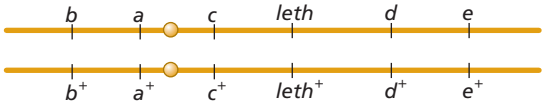
a　セクターが生じることは，どのように説明できるか？

b　白色のコロニーはおおまかに見ると同じような大きさだ

が，白色のコロニーの中に赤色が混じったセクターのコロニーは大きさにかなりばらつきがある。それはなぜか？ 大半が赤色のセクターのコロニーの大きさは大きめか，それとも小さめか？

問38

表現型では野生型だが，以下のような遺伝子型の構成をもつ2倍体酵母がある。



a，*b*，*c*，*d*，および*e*はいずれも劣性遺伝子で，表現型が目に見える。*leth*は劣性の致死変異である。遺伝子はすべて同じ染色体上にあり，*a*はセントロメア（図の中の小さな丸）に強く連鎖している。この細胞で体細胞組換えが起こるとすると，次のうちのどの表現型がセクターのあるコロニーとして現れるか？ ただし，2回乗換えは起こらないものとする。

（1）*a*　（2）*b*　（3）*c*　（4）*d*　（5）*e*　（6）*b e*
（7）*c d*　（8）*c d e*　（9）*d e*　（10）*a b*

問39

ショウジョウバエでは，*yellow*（*y*）遺伝子は，セントロメアが染色体の端の近くにあるX染色体の反対の端の近くにあり，*singed*（*sn*）遺伝子はX染色体の真ん中近くに位置している。稀にではあるが，遺伝子型$y\ sn\ /\ y^{+}\ sn^{+}$の雌の翅の上部に，縮れた剛毛をその中にともなう小さな黄色の組織のかたまりが見つかることがある。

a　この現象はどのように説明できるか？

b　$y^{+}\ sn\ /\ y\ sn^{+}$の遺伝子型をもつ雌の翅の上部では，似たような組織は見つかるか？

問40

神経線維腫は皮膚の腫瘍で，もともとは$NF1^{+}\ /\ NF1^{-}$であった皮膚の細胞から$NF1^{+}$対立遺伝子が失われることによって生じてくる。この対立遺伝子の野生型対立遺伝子は腫瘍抑制タンパクをつくるが，$NF1^{-}$対立遺伝子では機能しないタンパクが生産される。

遺伝子型$NF1^{+}\ /\ NF1^{-}$をもつ患者では，皮膚の別々の場所に20もの独立した腫瘍が発生する。それぞれの腫瘍化した20の領域から，腫瘍化していない領域も含めて試料を採取する。これらの試料からの抽出物をゲル電気泳動という手法で調べると，*NF1*という同じ常染色体上にある遺伝子にコードされた4種類の異なる変異タンパク（A，B，C，D）を検出できる。それぞれのタンパクは，S型およびF型と呼ばれる異なる対立遺伝子（例えばA^{S}とA^{F}）にコードされたタンパクを含んでいる。正常な組織の抽出物からは4種類のタンパクすべてでS型とF型を検出できる。腫瘍からの抽出物では，20試料のうち12試料ではタンパクAとDではF型しか検出できないが，タンパクBとCではS型もF型も検出できる。また，6試料ではタンパクAではF型しか検出できないが，B，C，Dでは両方ともに検出できる。残りの2試料では，タンパクAではF型のみ，タンパクBではS型のみ，タンパクCでは両方，タンパクDではF型のみがそれぞれ検出された。

a　すべての腫瘍が同じ仕組みで発生すると仮定すると，20もの腫瘍が発生するためには，本章でふれたうちのどんな種類の遺伝的過程が起こっていると考えられるか？

b　この患者でみられたすべての腫瘍の成り立ちが，ここで用いている試料の結果ですべてを説明できると仮定して，ここにある結果から遺伝地図を作成しなさい。また，2本の相同染色体にあるどの遺伝子のどの対立遺伝子がどの種類の腫瘍となるのかを示しなさい。

c　この患者が神経線維腫にいたるもう1つの仕組みは，体細胞分裂の際の誤りにより正常な46本の染色体でなく，45本の染色体が生じることである。この仕組みがどのようにして腫瘍の発生にいたるのだろうか？ 結果を見て，どのようにしたら20の腫瘍の中には体細胞分裂の誤りによって腫瘍が発生したのではないことがわかるか？

d　この結果を生み出すような，他の方法による誤りが起こることはあるか？