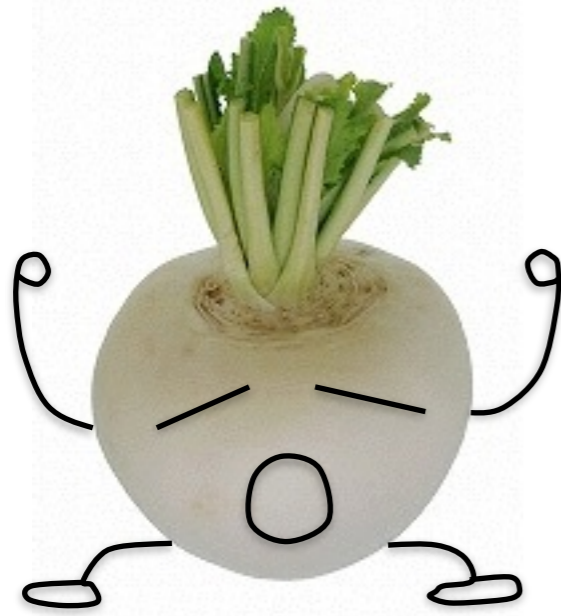


カブ・ダイコン・ハクサイ・ミズナ、仲間はずれは誰？
～種の定義と遺伝的多様性～

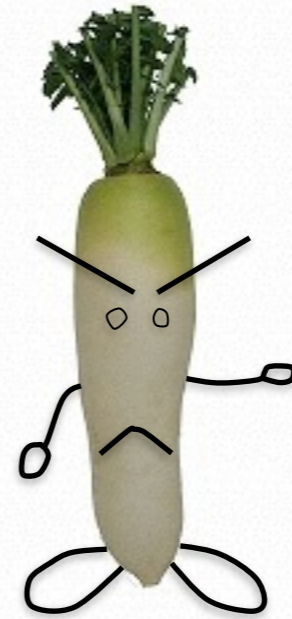
総合研究大学院大学
宅野 将平

学術講演会
2013 / 11 / 03

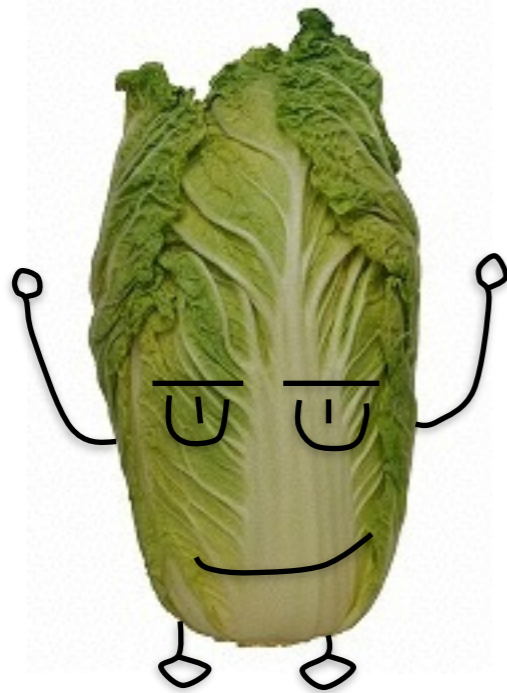
クイズ：仲間外れは誰でしょう？



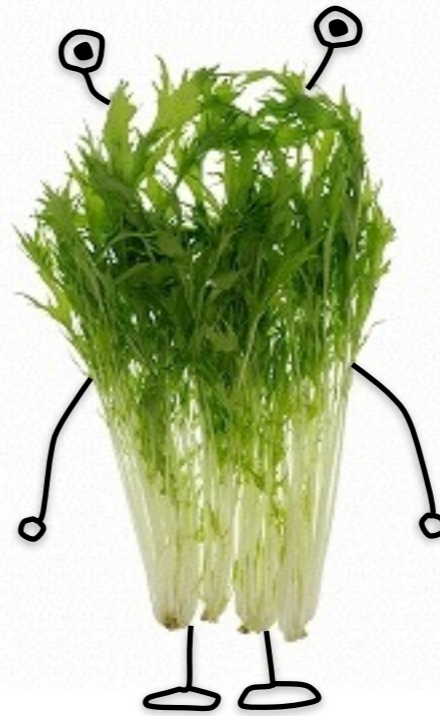
カブ



ダイコン

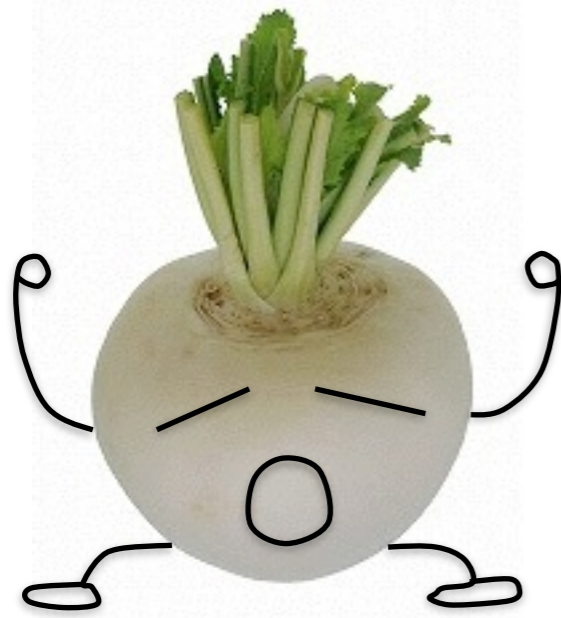


ハクサイ

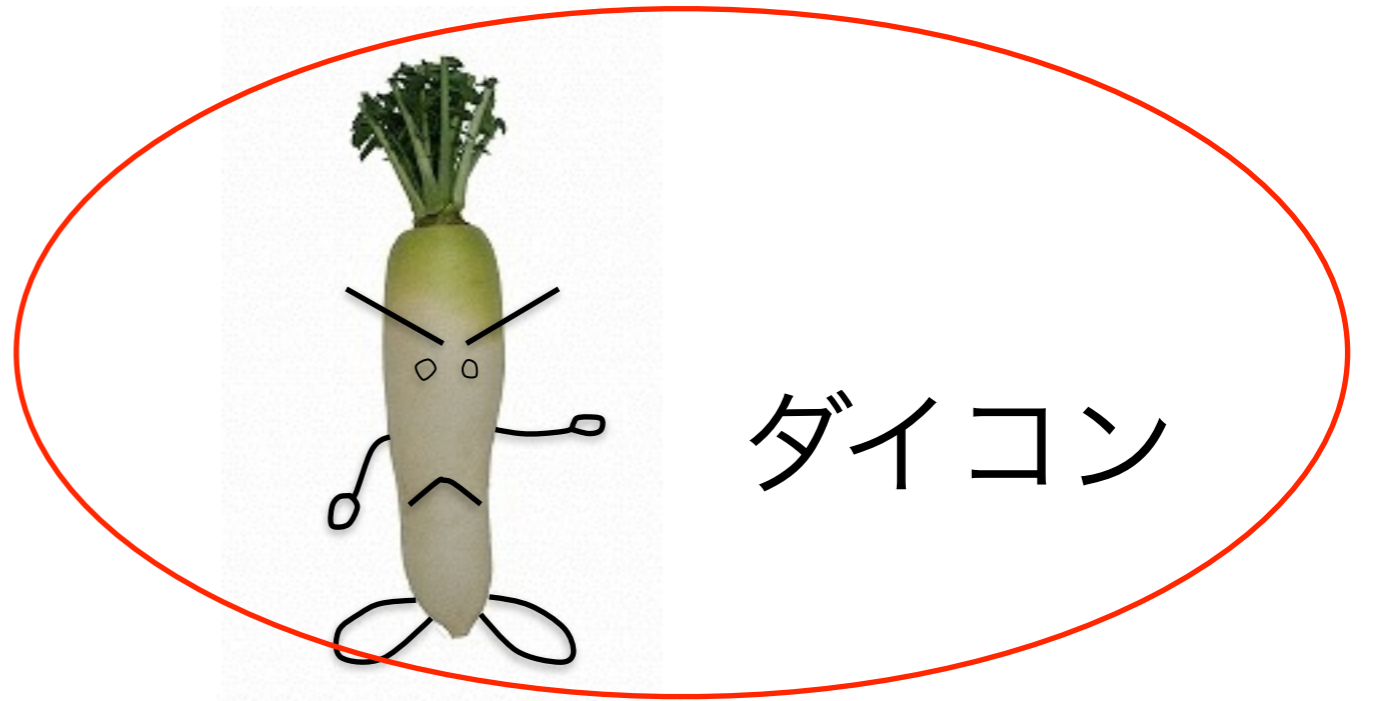


ミズナ

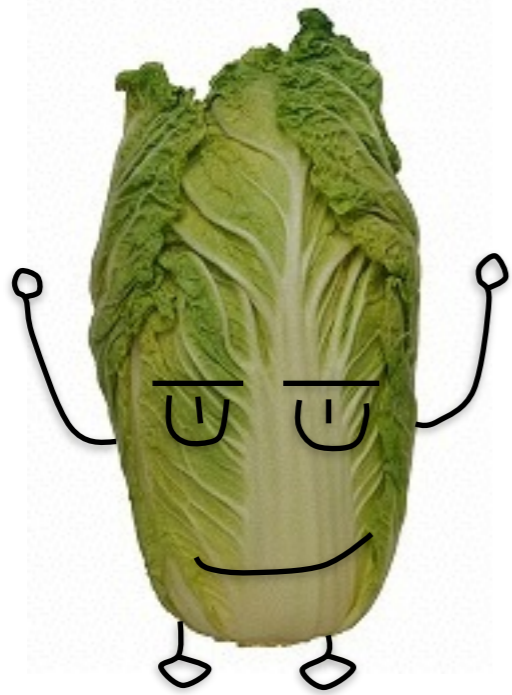
正解：ダイコン



カブ



ダイコン

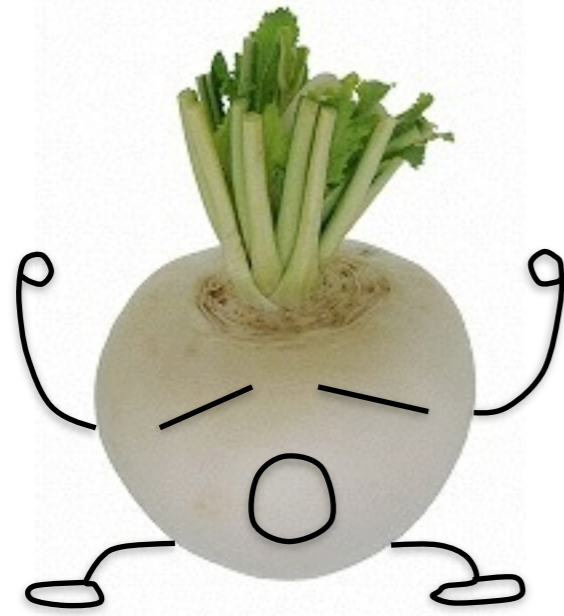


ハクサイ

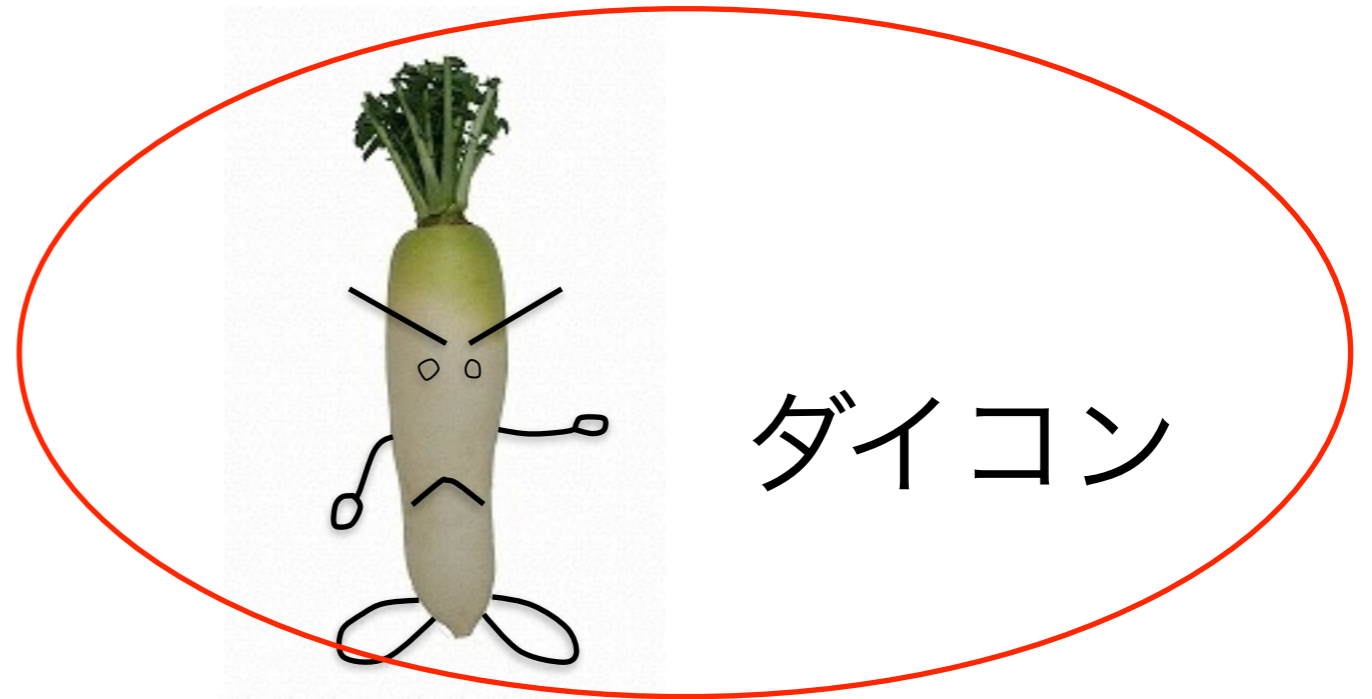


ミズナ

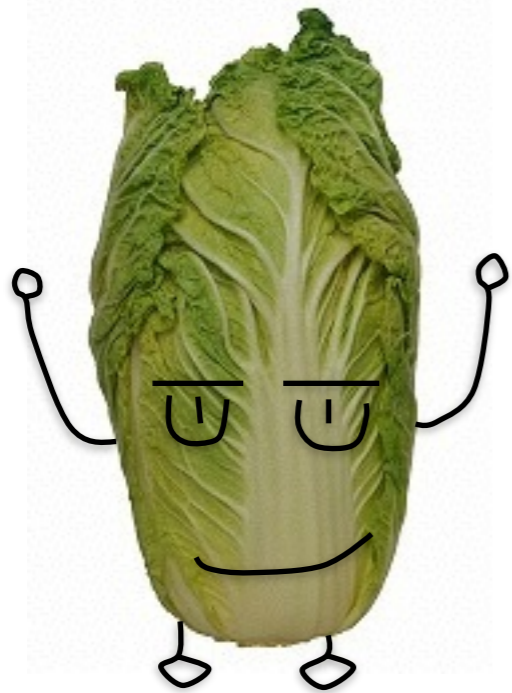
正解：ダイコン



カブ



ダイコン



ハクサイ



ミズナ

カブ、ハクサイ、ミズナは同じ種に属するが、
ダイコンだけは別の種に属する

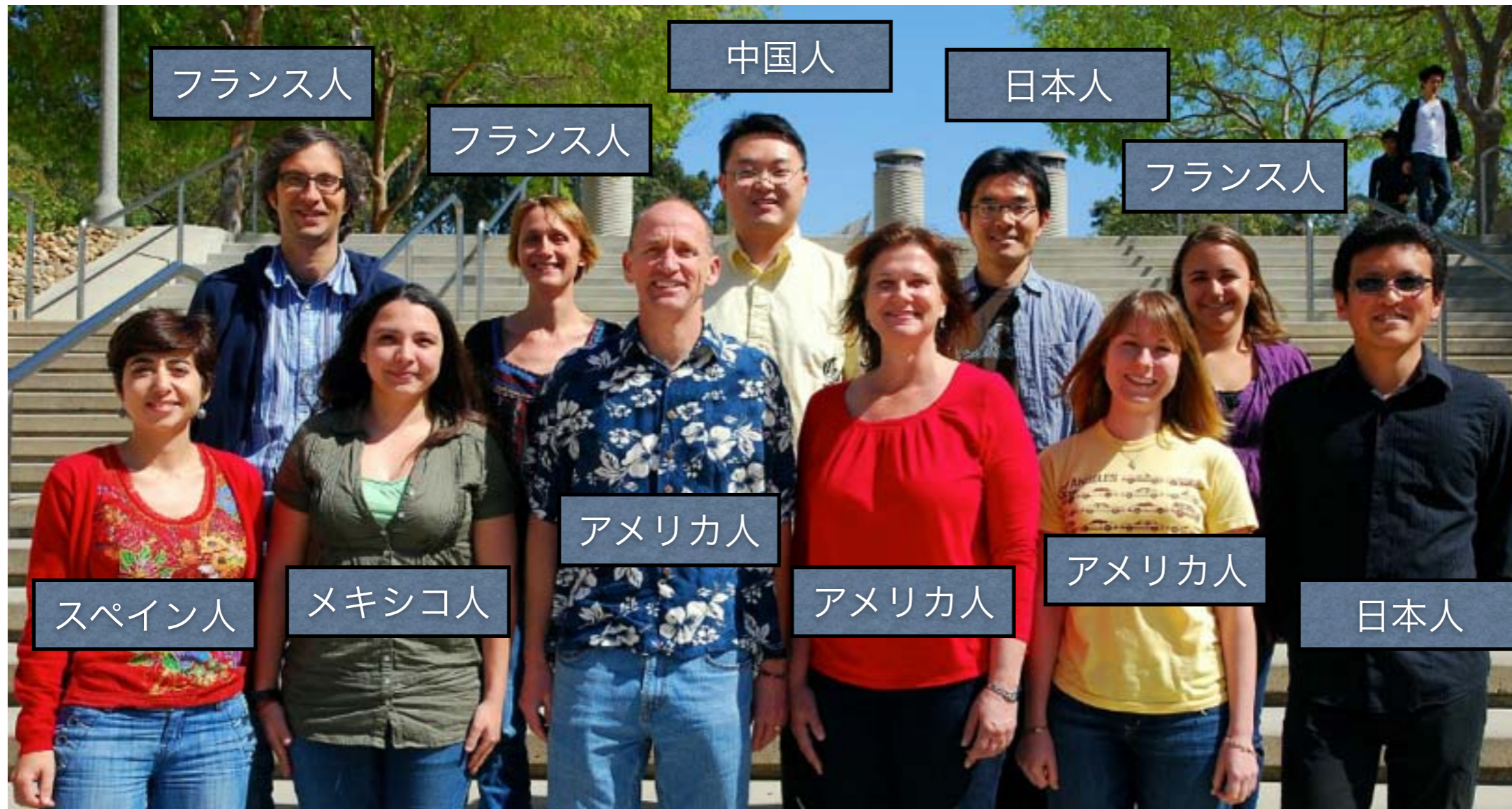
お品書き

- これって同種？別種？
- 種の定義と分類法
- どのように種は進化するか？
- 適応進化の例

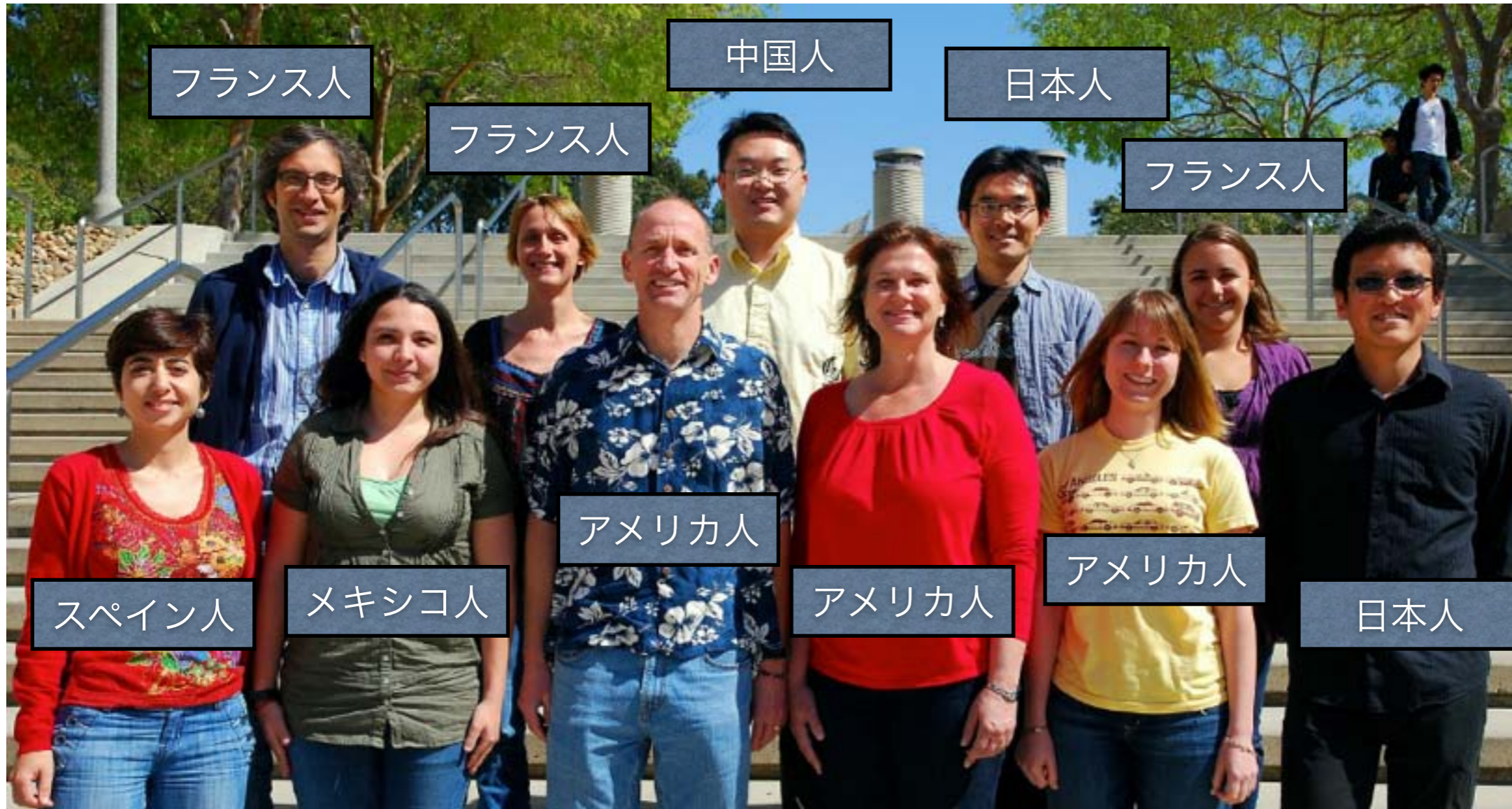
お品書き

- これって同種？別種？
- 種の定義と分類法
- どのように種は進化するか？
- 適応進化の例

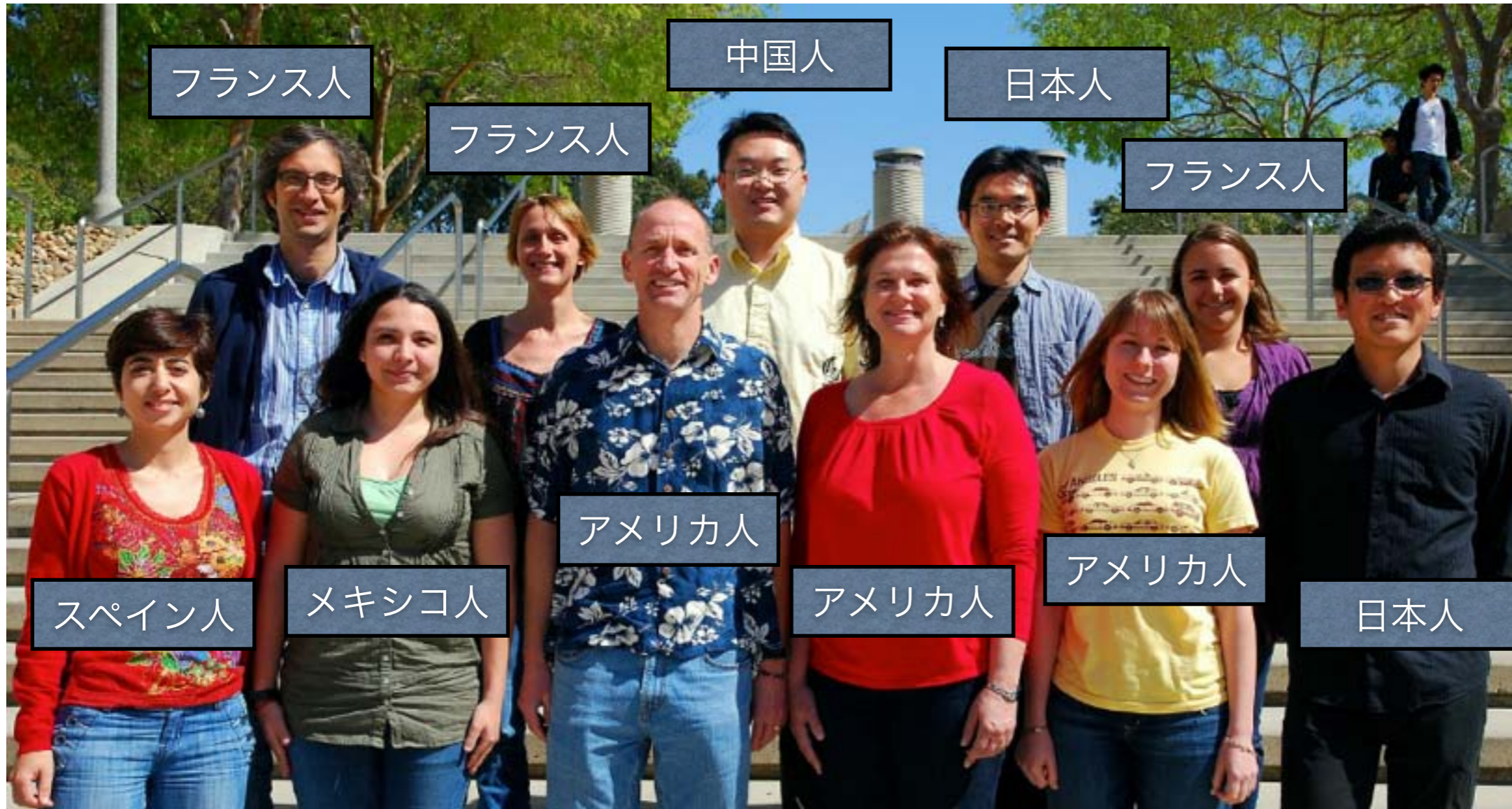
これって同種？別種？その1



これって同種？別種？その1



これって同種？別種？その1

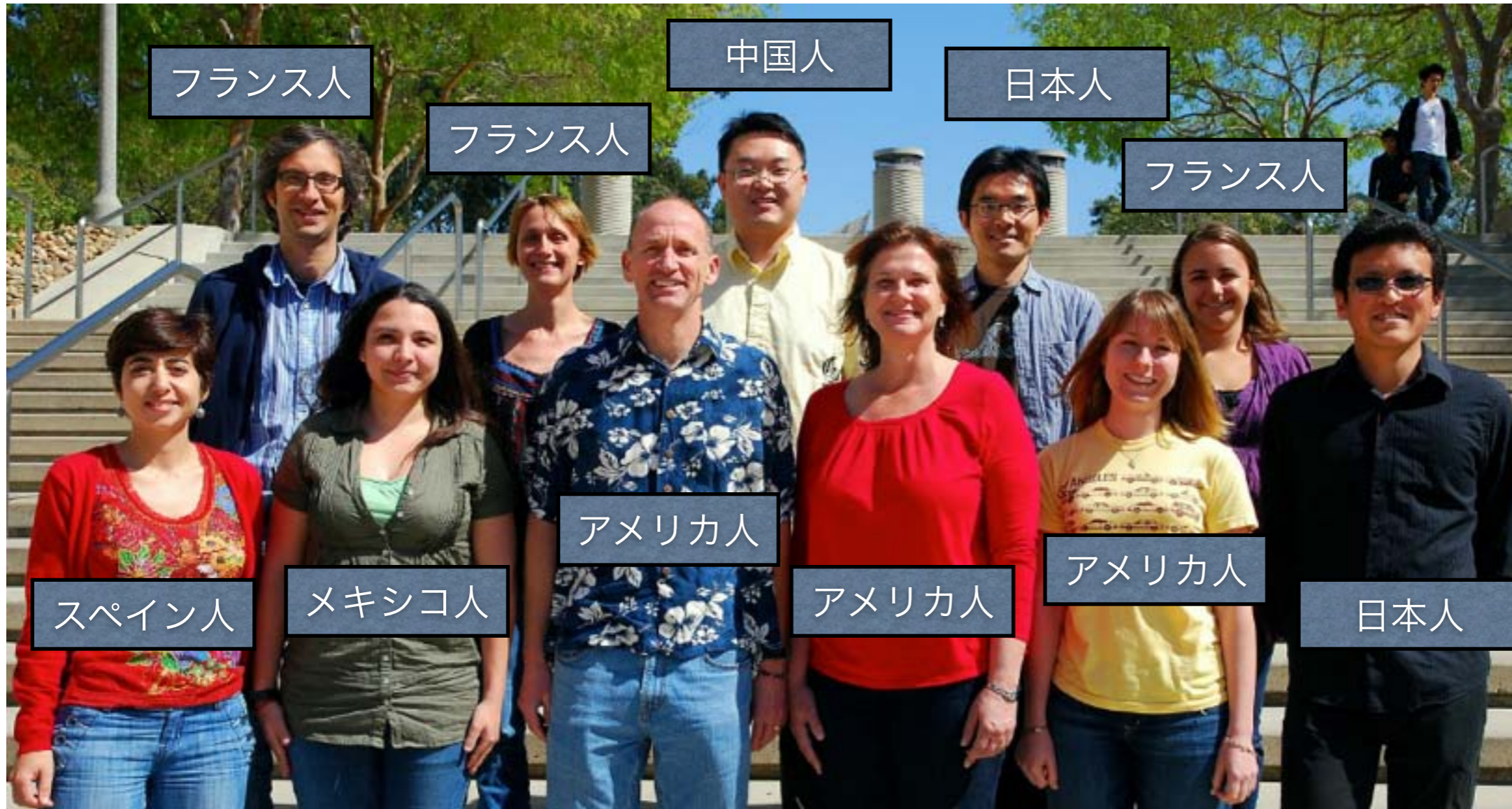


ヒト



チンパンジー

これって同種？別種？その1



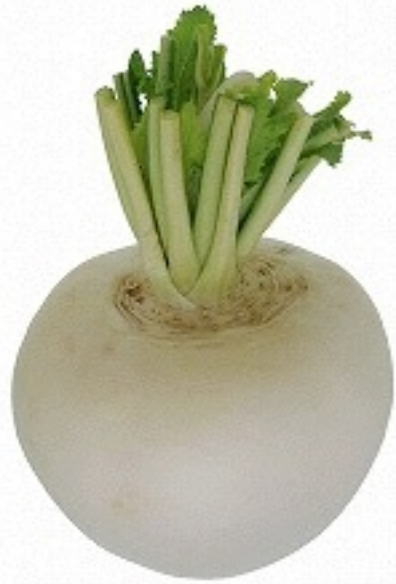
チンパンジー

ヒト

ヒトとチンパンジーは**別種**！！

これって同種？別種？その2

カブ



ハクサイ

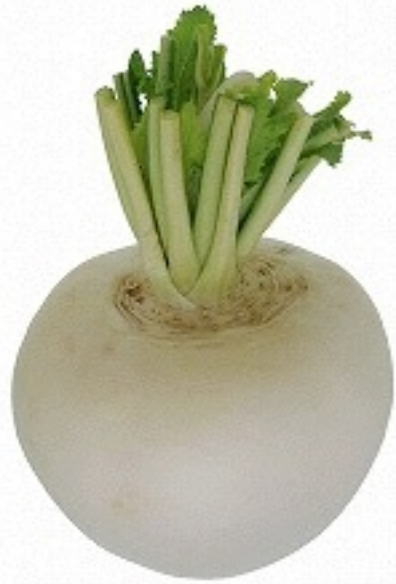


ミズナ



これって同種？別種？その2

カブ



ハクサイ



ミズナ



コマツナ



チンゲンサイ

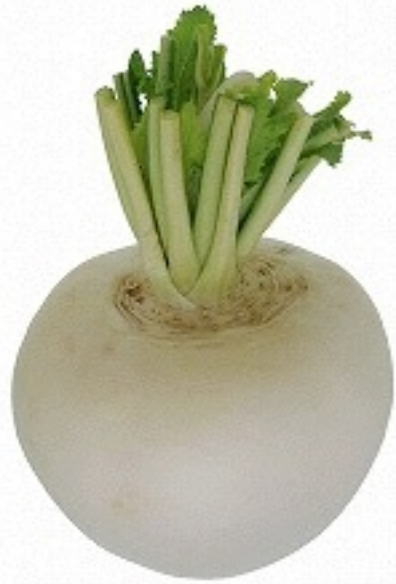


ミブナ



これって同種？別種？その2

カブ



ハクサイ



ミズナ



コマツナ



チンゲンサイ



ミブナ



全て**同種**！！

これって同種？別種？その3

キャベツ



ブロッコリー



カリフラワー



ケール



ハボタン



これって同種？別種？その3

キャベツ



ブロッコリー



カリフラワー



ケール



ハボタン



全て**同種**！！

これって同種？別種？その4



これって同種？別種？その4



カブ

ダイコン

これって同種？別種？その4



カブ

ダイコン

別種！！

お品書き

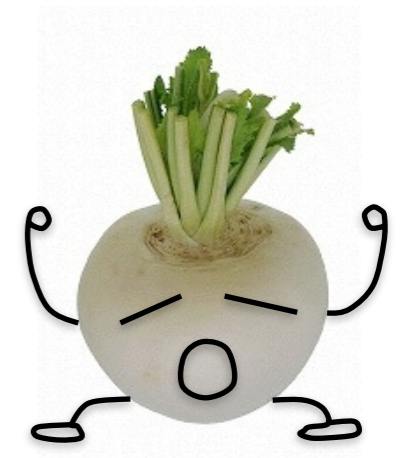
- これって同種？別種？
- 種の定義と分類法
- どのように種は進化するか？
- 適応進化の例

種の種類法

カブの場合

／ ラテン語で記載される

界 :	植物界	:	Plantae
門 :	被子植物門	:	Magnoliophyta
綱 :	双子葉植物綱	:	Magnoliospida
目 :	フウチョウソウ目	:	Brassicales
科 :	アブラナ科	:	Brassicaceae
属 :	アブラナ属	:	<i>Brassica</i>
種 :	ラパ	:	<i>rapa</i>

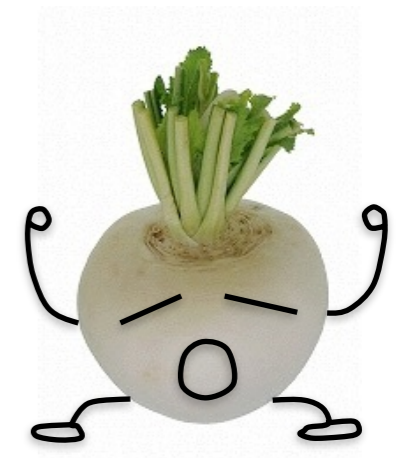


種の分類法

カブの場合

／ ラテン語で記載される

界 :	植物界	:	Plantae
門 :	被子植物門	:	Magnoliophyta
綱 :	双子葉植物綱	:	Magnoliospida
目 :	フウチョウソウ目	:	Brassicales
科 :	アブラナ科	:	Brassicaceae
属 :	アブラナ属	:	<i>Brassica</i>
種 :	ラパ	:	<i>rapa</i>

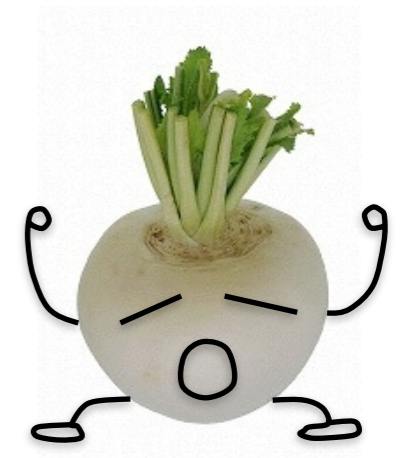


種の分類法

カブの場合

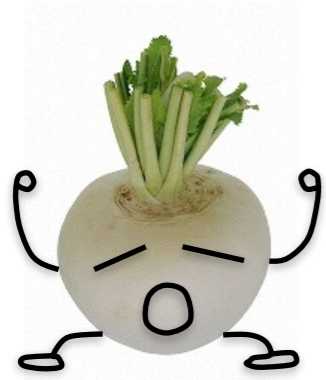
／ ラテン語で記載される

界：	植物界	：	Plantae
門：	被子植物門	：	Magnoliophyta
綱：	双子葉植物綱	：	Magnoliospida
目：	フウチョウソウ目	：	Brassicales
科：	アブラナ科	：	Brassicaceae
属：	アブラナ属	：	<i>Brassica</i>
種：	ラパ	：	<i>rapa</i>



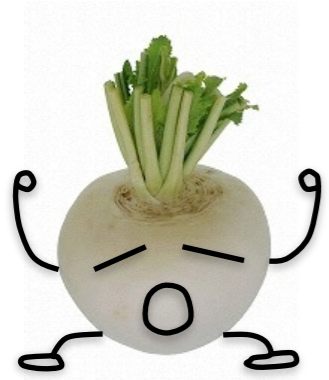
カブ → *Brassica rapa*

種の分類その1：形態学的種



種の分類その1：形態学的種

見た目が似ている個体の集合



種の分類その1：形態学的種

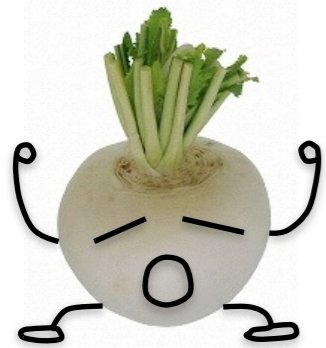
見た目が似ている個体の集合



形態が大きく違うため
以前は別種として
扱われていた

種の分類その1：形態学的種

見た目が似ている個体の集合



Brassica campestris



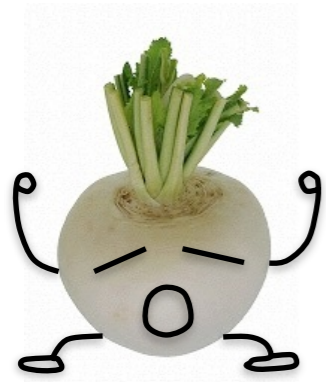
Brassica pekinensis



Brassica japonica

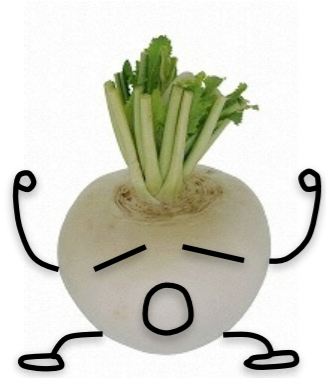
形態が大きく違うため
以前は別種として
扱われていた

種の分類その2：生物学的種



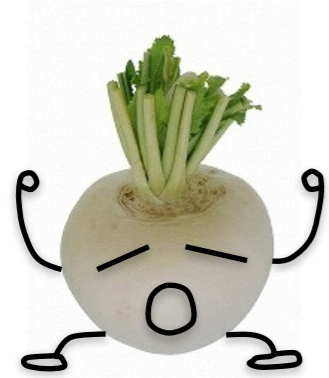
種の分類その2：生物学的種

交配して子孫を残せる個体の集合



種の分類その2：生物学的種

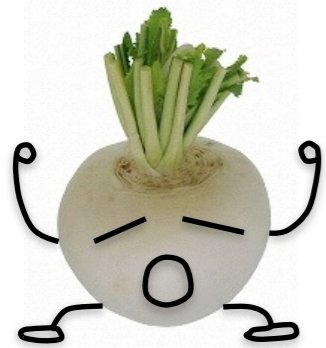
交配して子孫を残せる個体の集合



これらの間の**交配で
稔性のある子孫が
残せるため、
現在は全て同種に
属するものとして
扱われる。**

種の分類その2：生物学的種

交配して子孫を残せる個体の集合



Brassica rapa



Brassica rapa

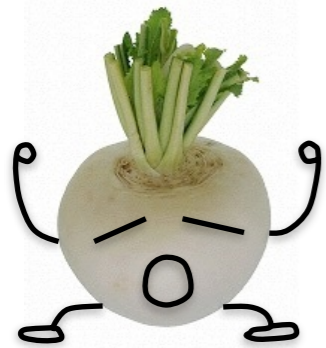


Brassica rapa

これらの間の**交配**で
稔性のある子孫が
残せるため、
現在は全て同種に
属するものとして
扱われる。

種の分類その2：生物学的種

交配して子孫を残せる個体の集合



Brassica rapa ssp. rapa



Brassica rapa ssp. pekinensis

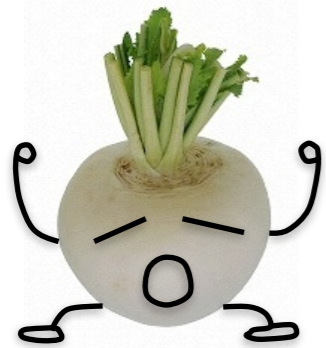


Brassica rapa ssp. nipposinica

これらの間の**交配**で
稔性のある子孫が
残せるため、
現在は全て同種に
属するものとして
扱われる。

種の分類その2：生物学的種

交配して子孫を残せる個体の集合



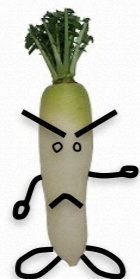
Brassica rapa ssp. rapa



Brassica rapa ssp. pekinensis



Brassica rapa ssp. nipposinica



Raphanus sativas

これらの間の**交配**で
稔性のある子孫が
残せるため、
現在は全て同種に
属するものとして
扱われる。

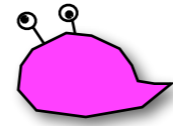
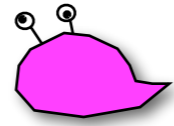
子孫が残せないため
別種

お品書き

- これって同種？別種？
- 種の定義と分類法
- どのように種は進化するか？
- 適応進化の例

遺伝と進化

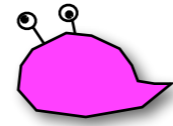
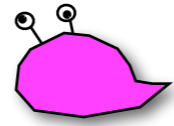
種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



同種に属する個体

遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



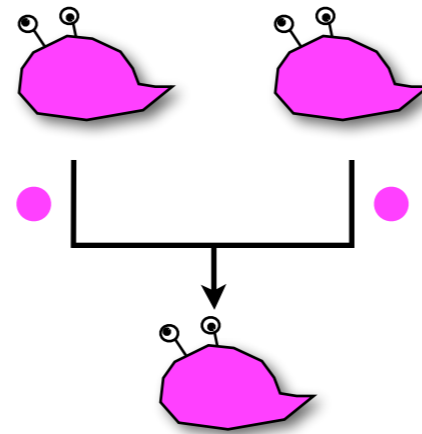
同種に属する個体



親の遺伝情報の半分ずつが子孫に伝達

遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



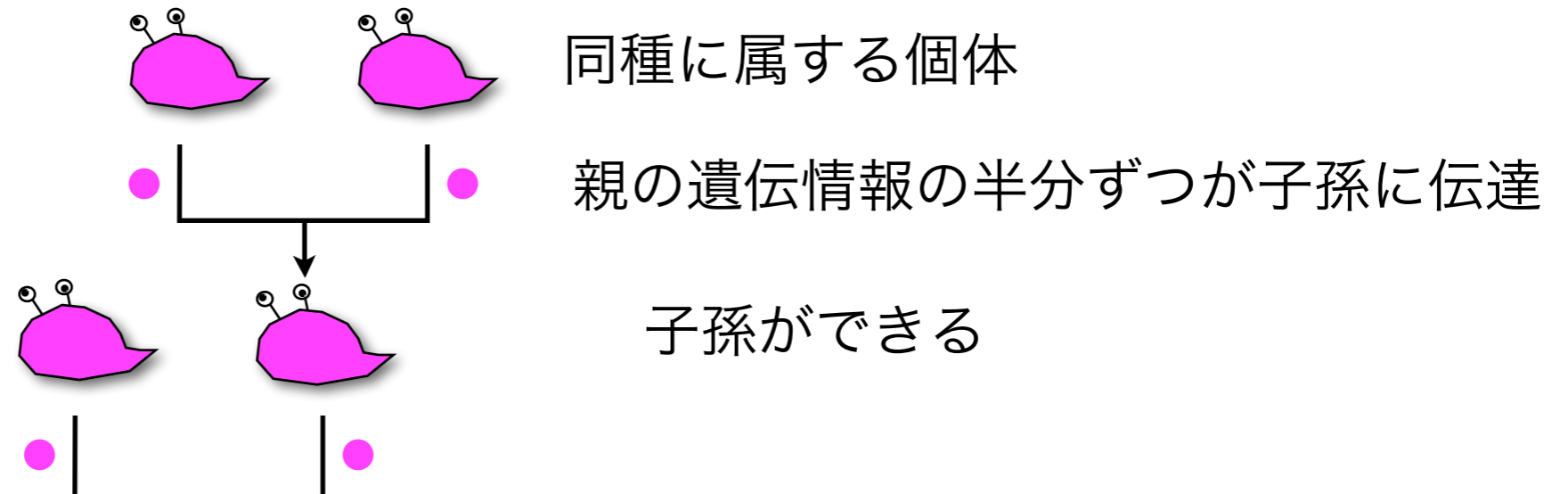
同種に属する個体

親の遺伝情報の半分ずつが子孫に伝達

子孫ができる

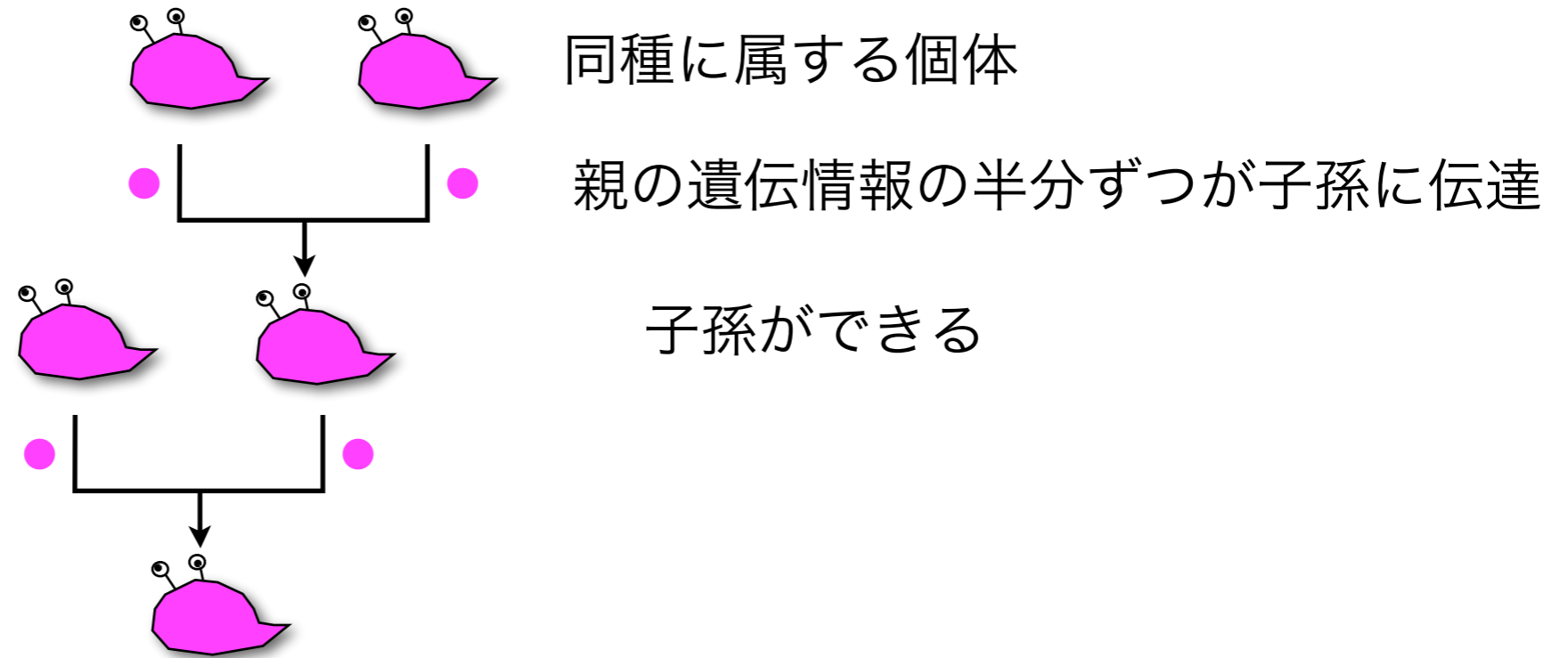
遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



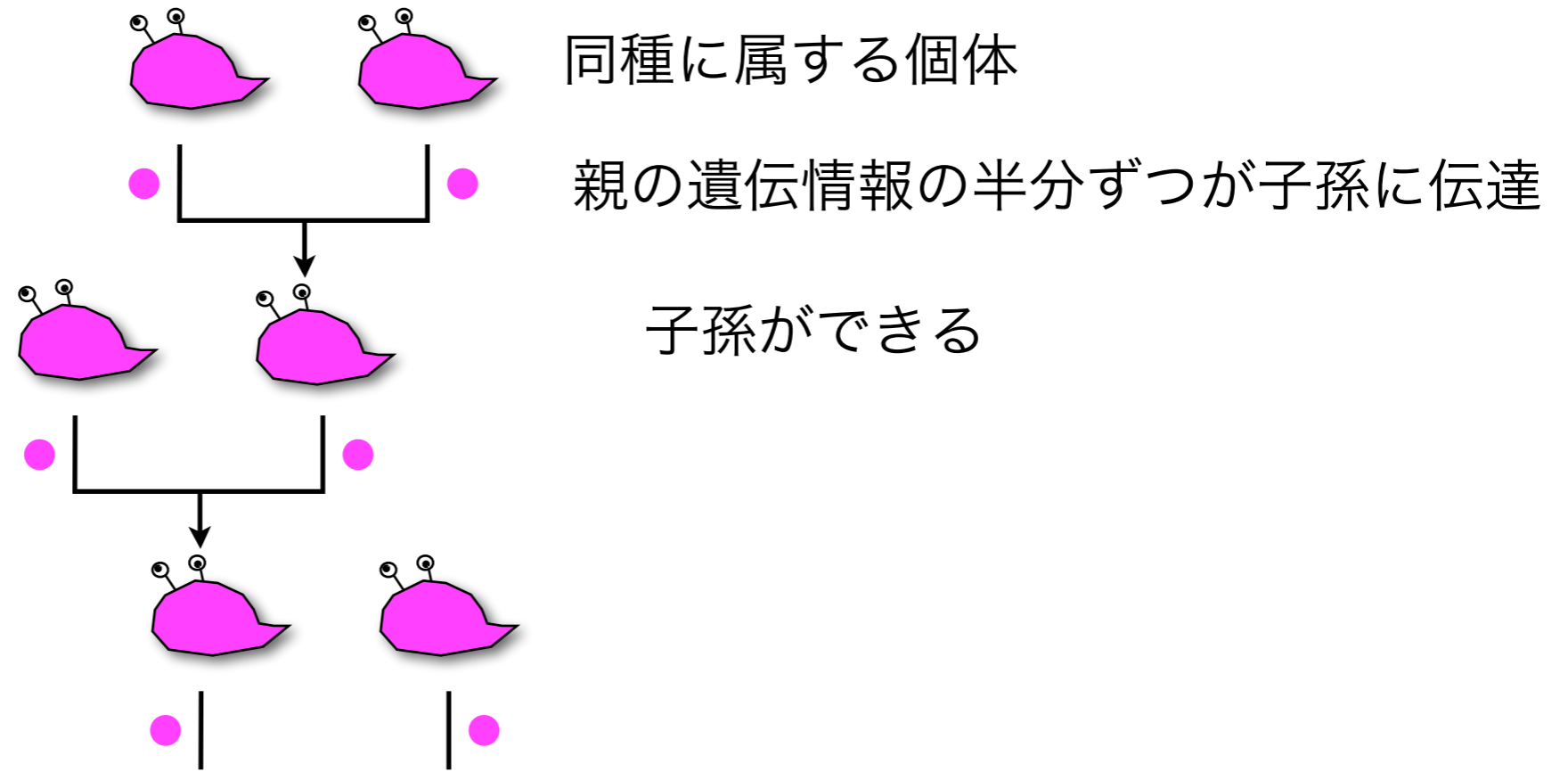
遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



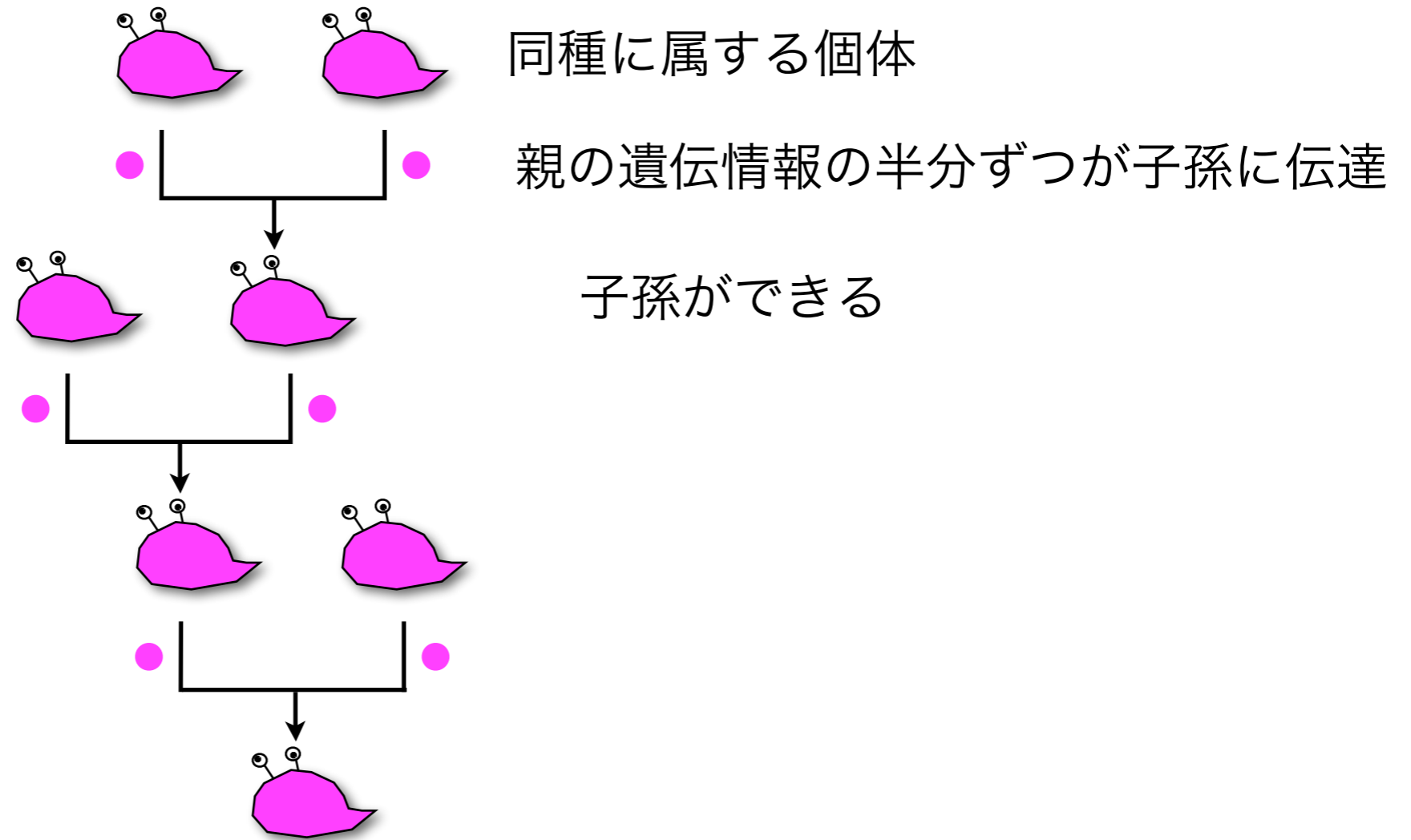
遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



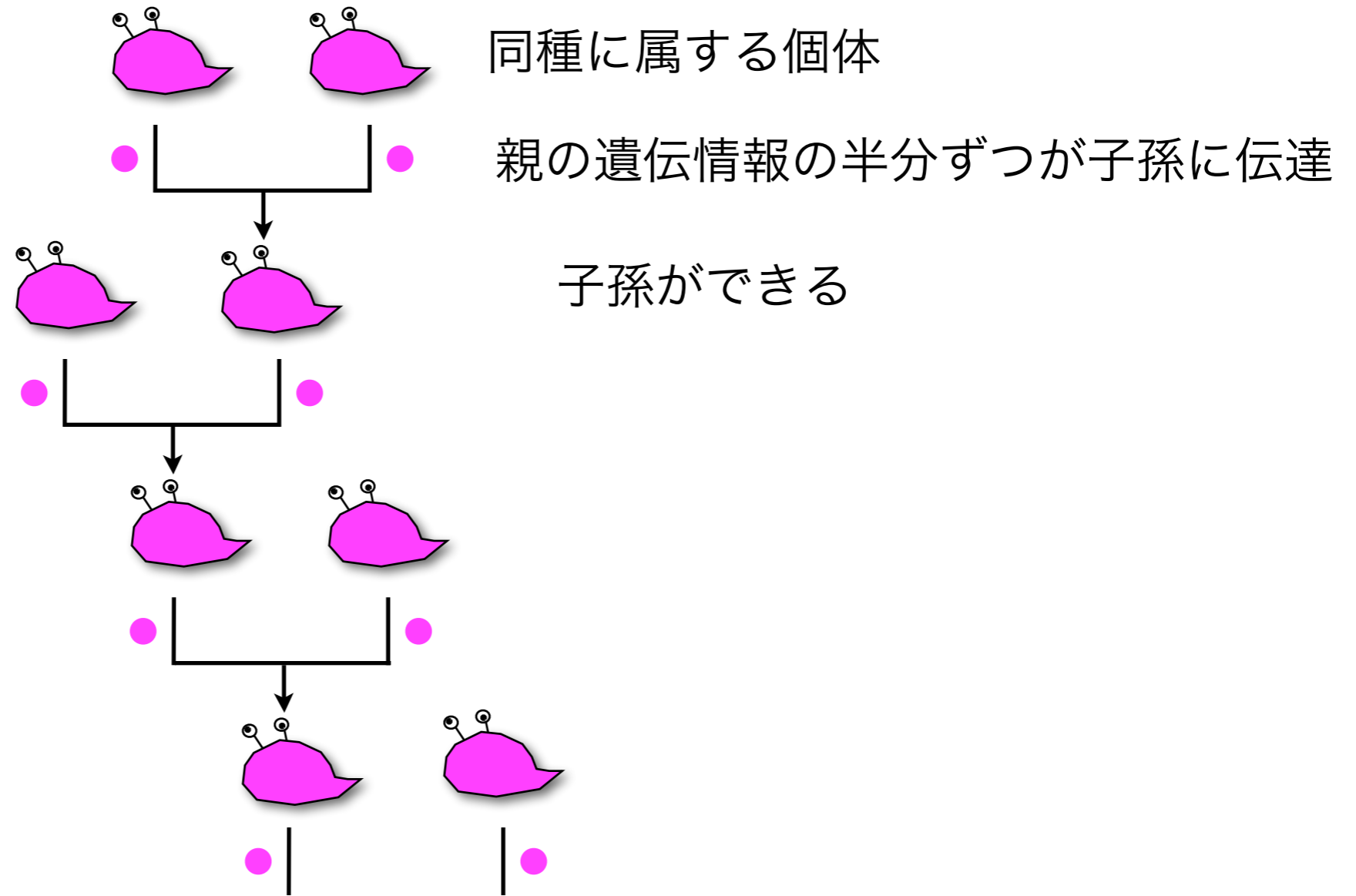
遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



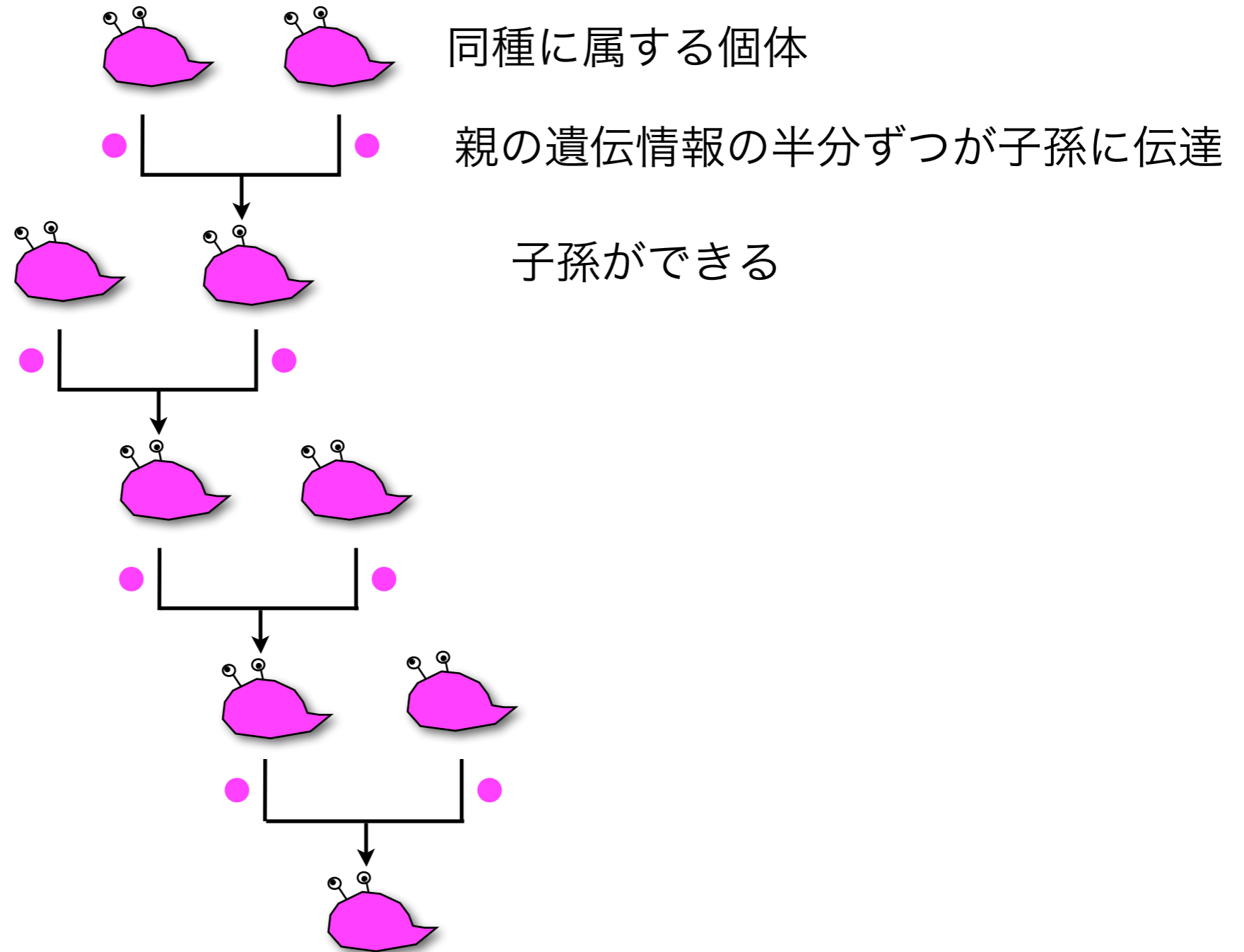
遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



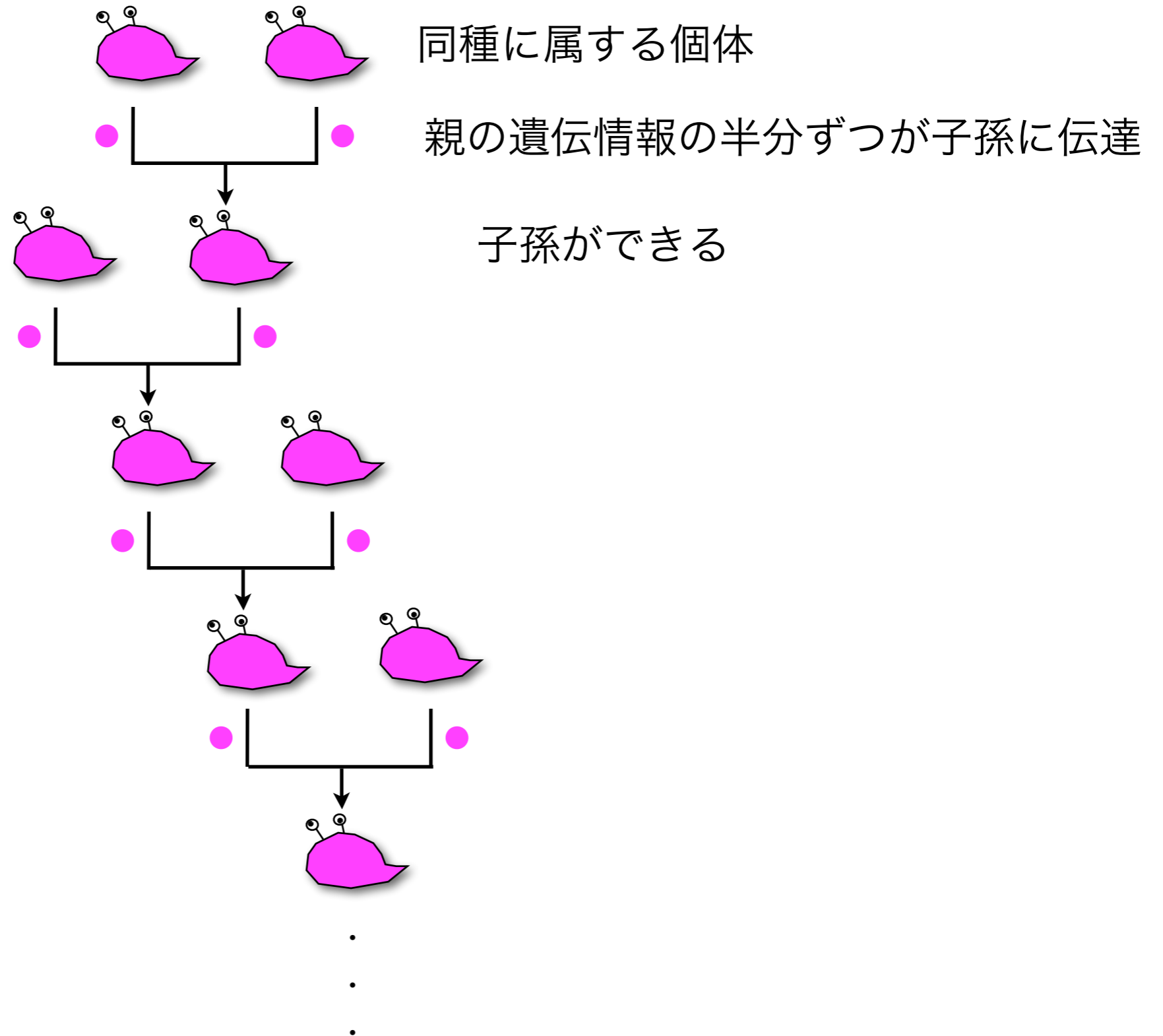
遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



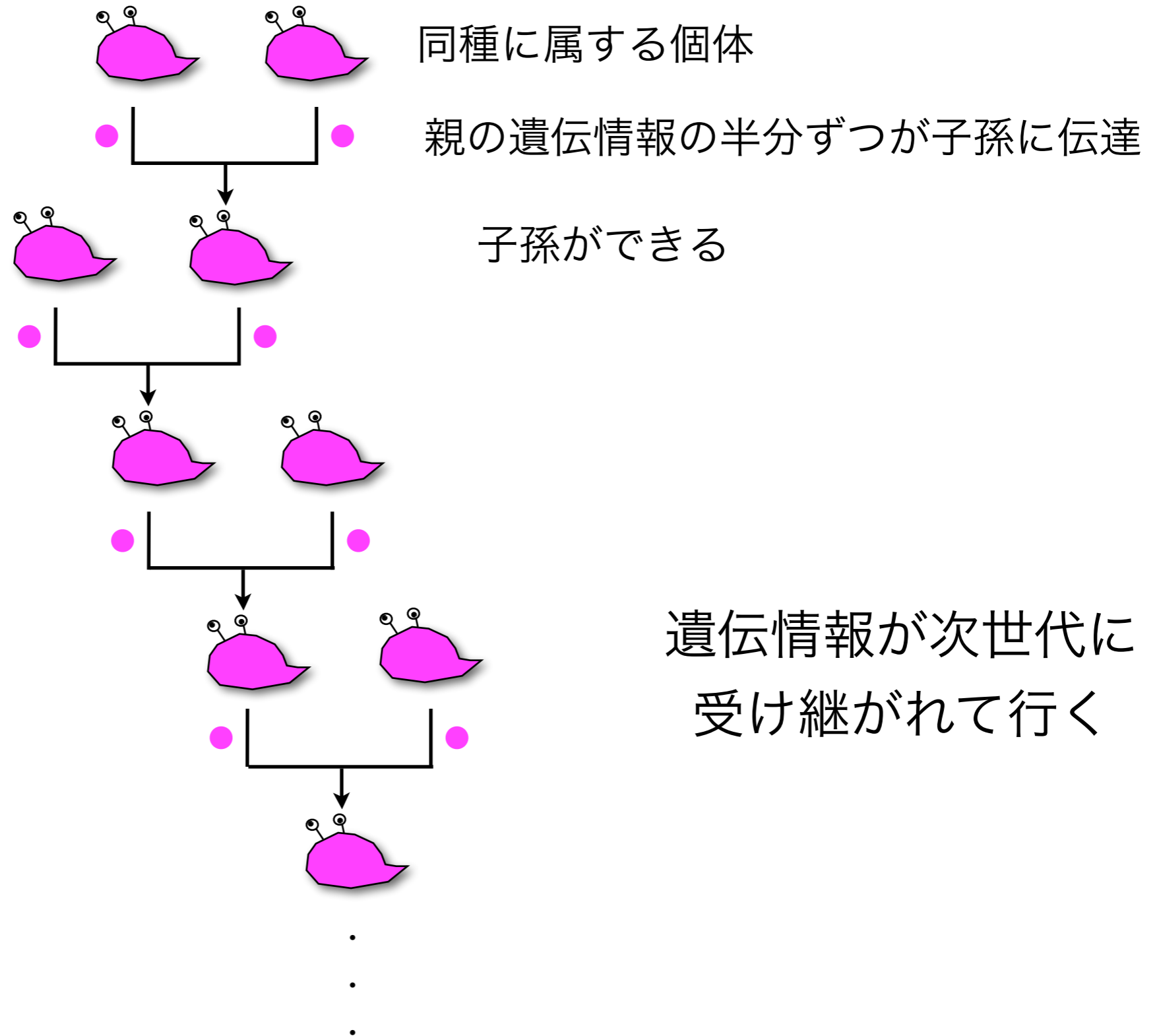
遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



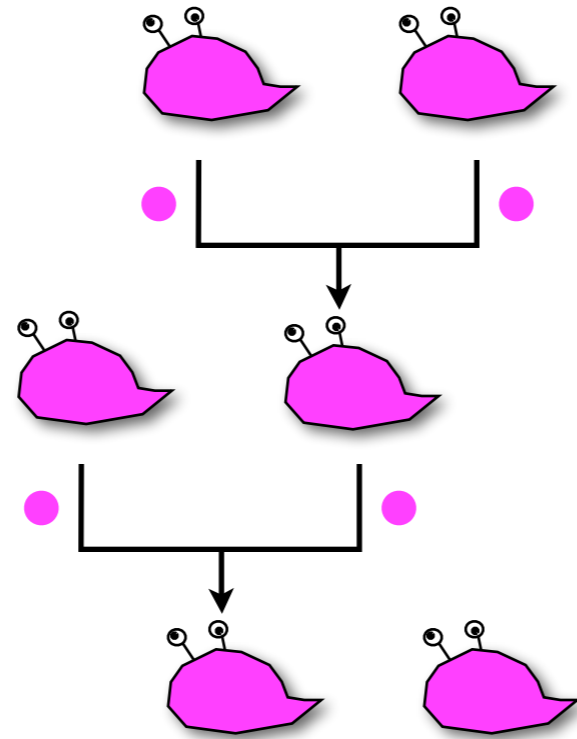
遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



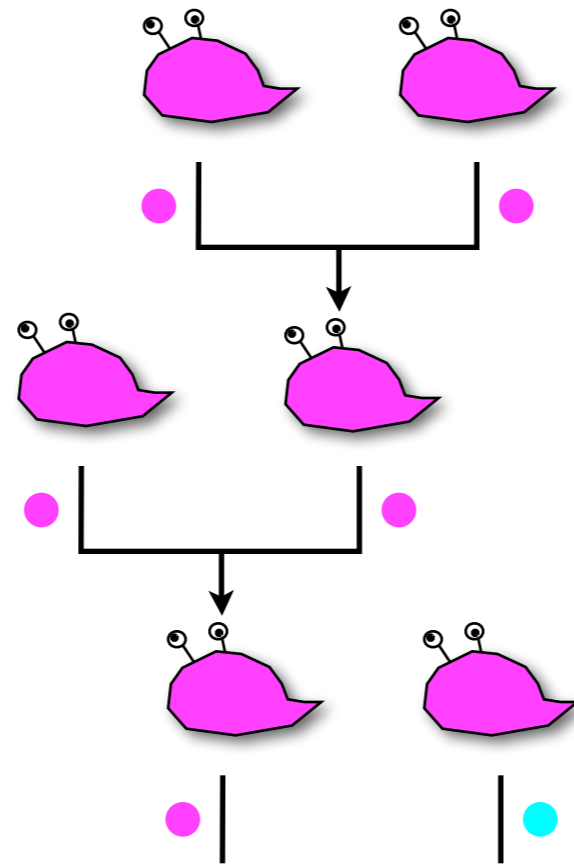
遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



遺伝と進化

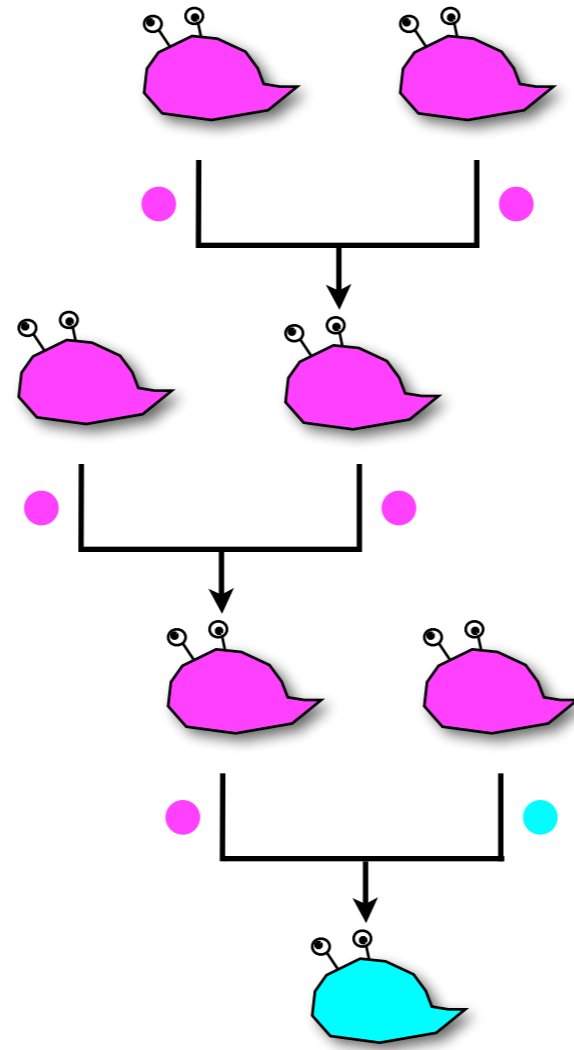
種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



ごくまれに突然変異が起こる

遺伝と進化

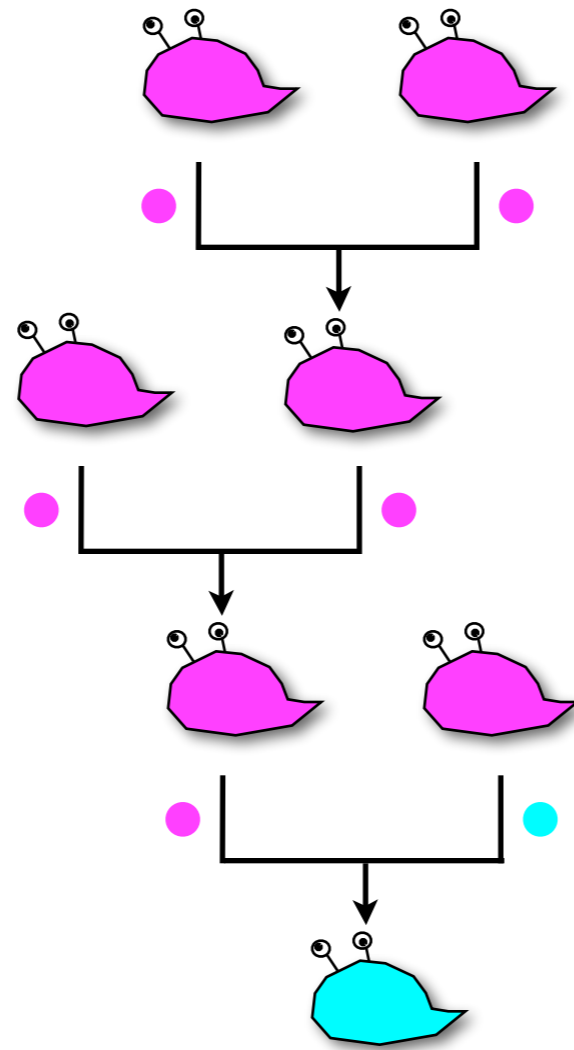
種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



ごくまれに突然変異が起こる
変な子孫ができる
(今回は優性突然変異のみ考える)

遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合

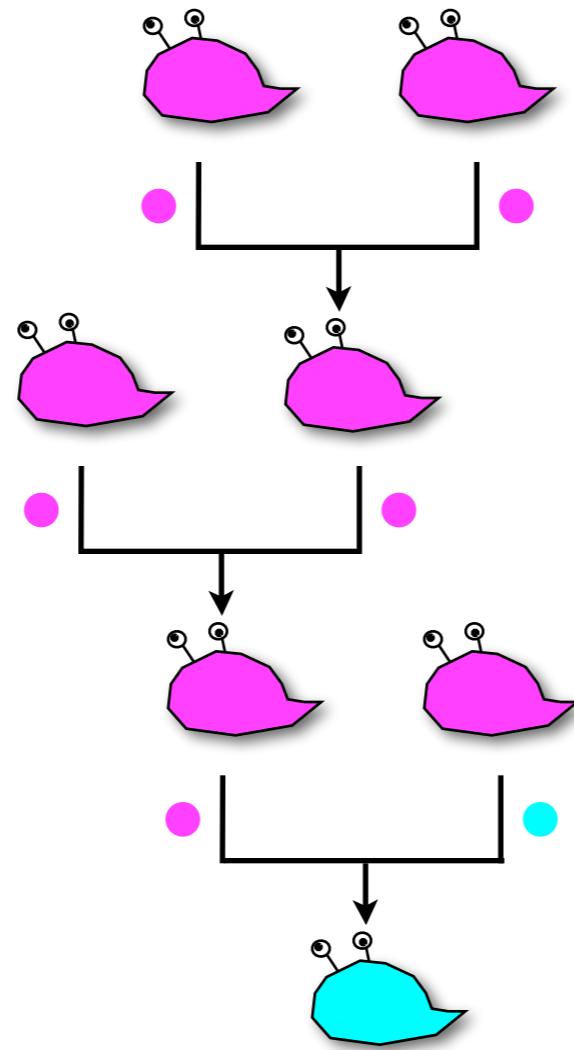


ごくまれに突然変異が起こる
変な子孫ができる
(今回は優性突然変異のみ考える)

遺伝情報の変化が子孫に伝わる

遺伝と進化

種とは、交配して子孫を残せる個体の集合



ごくまれに突然変異が起こる
変な子孫ができる
(今回は優性突然変異のみ考える)

遺伝情報の変化が子孫に伝わる

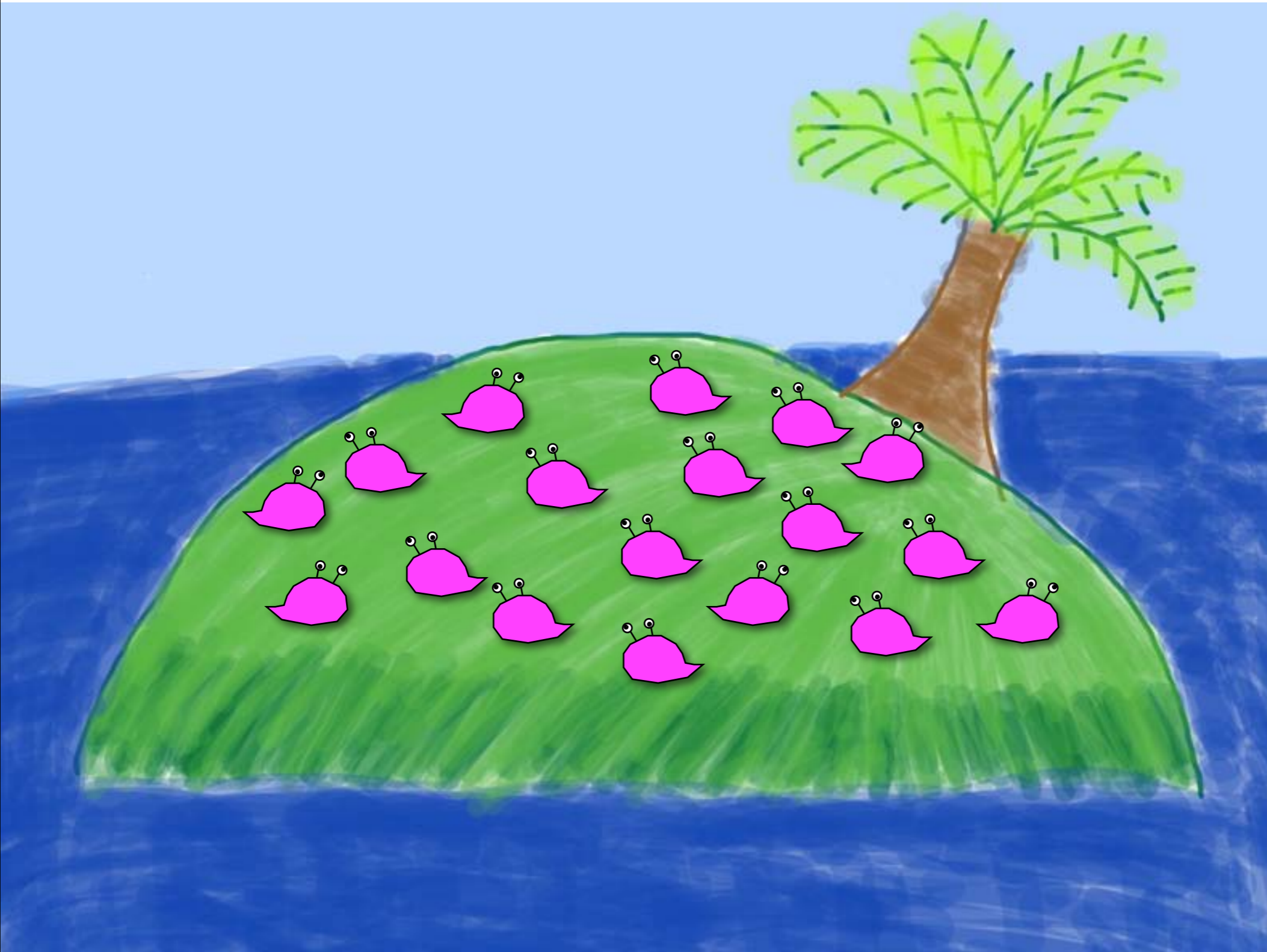
種の進化に繋がる

種の進化



隔離されたある種の
集団を考える

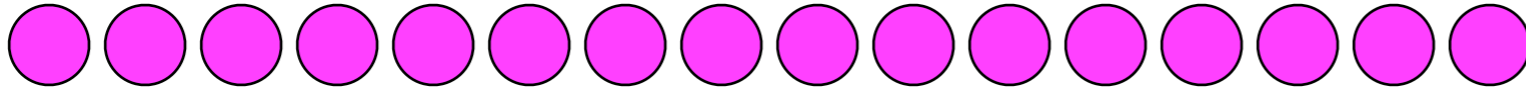
種の進化



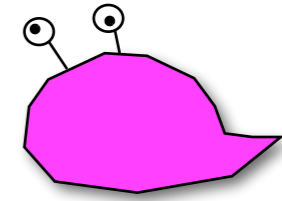
隔離されたある種の
集団を考える

種の進化

世代 1

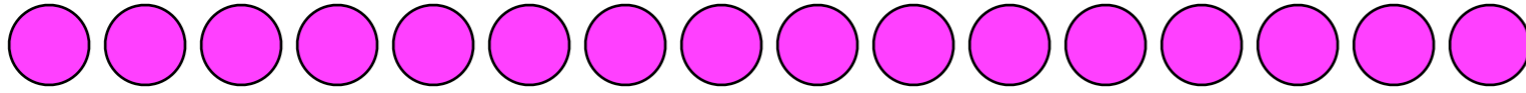


交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



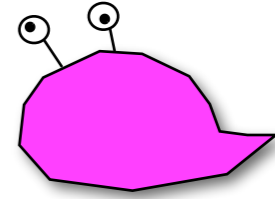
種の進化

世代1



世代2

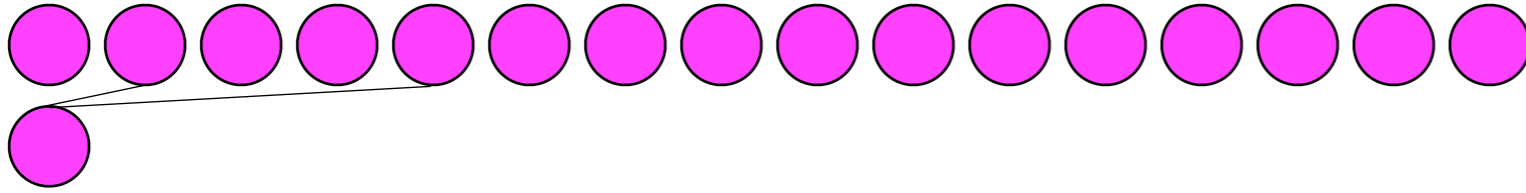
交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



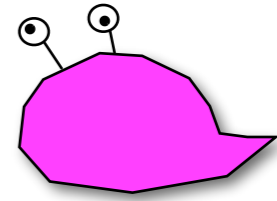
種の進化

世代1

世代2



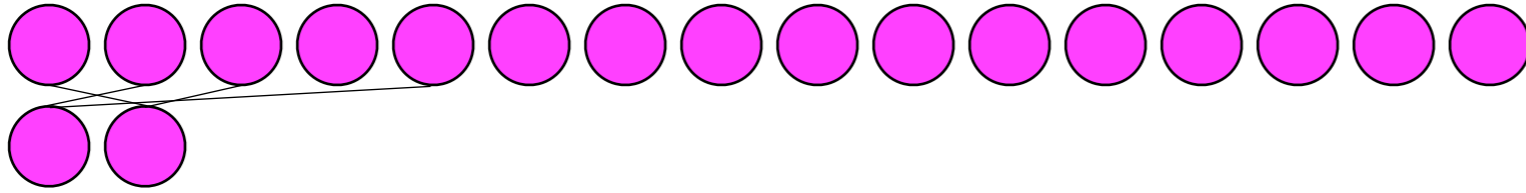
交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



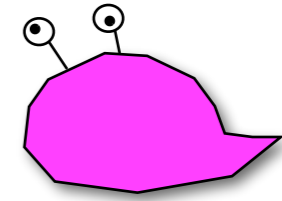
種の進化

世代1

世代2

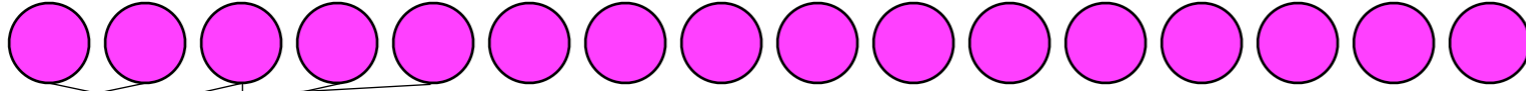


交配し子孫を残せる個体の
集団を考える

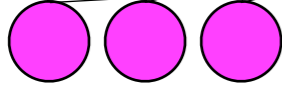


種の進化

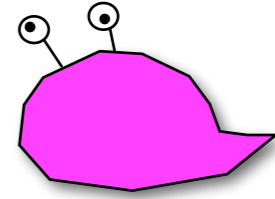
世代1



世代2



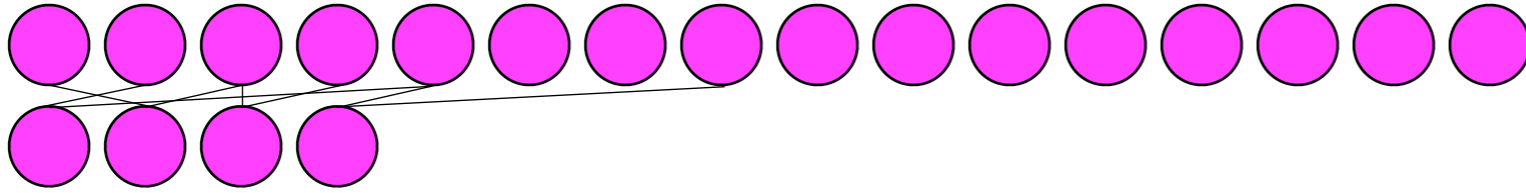
交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



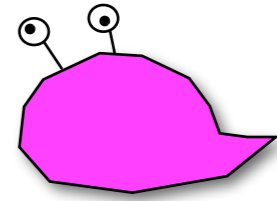
種の進化

世代1

世代2



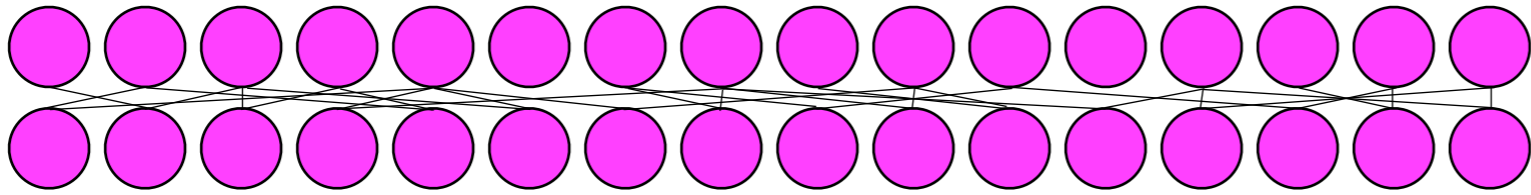
交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



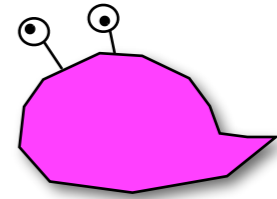
種の進化

世代1

世代2



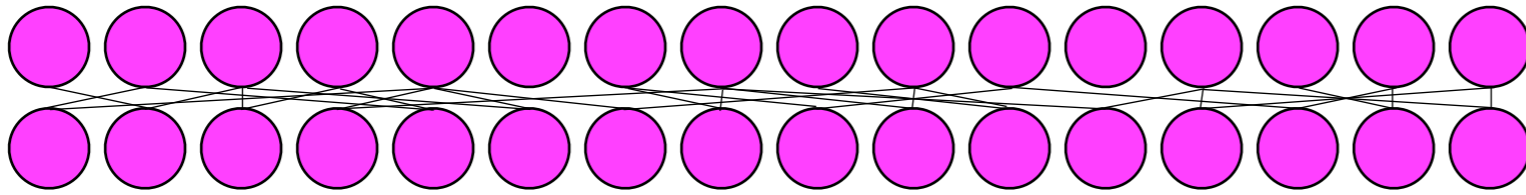
交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



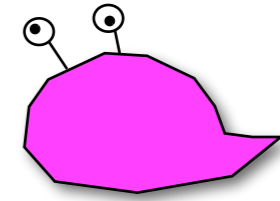
種の進化

世代1

世代2



交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



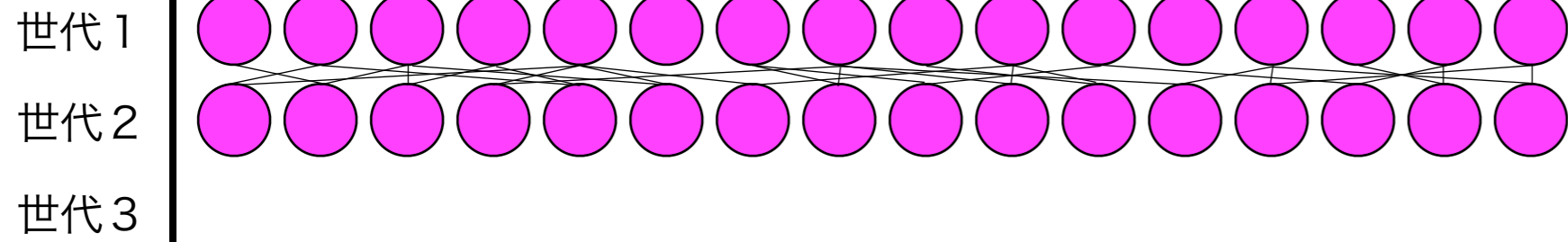
適応度

(子孫を残せる確率)
は全ての個体で一定

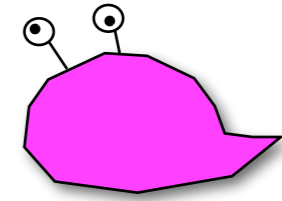


残せる子孫の数は偶然に
よってのみ決まる

種の進化



交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



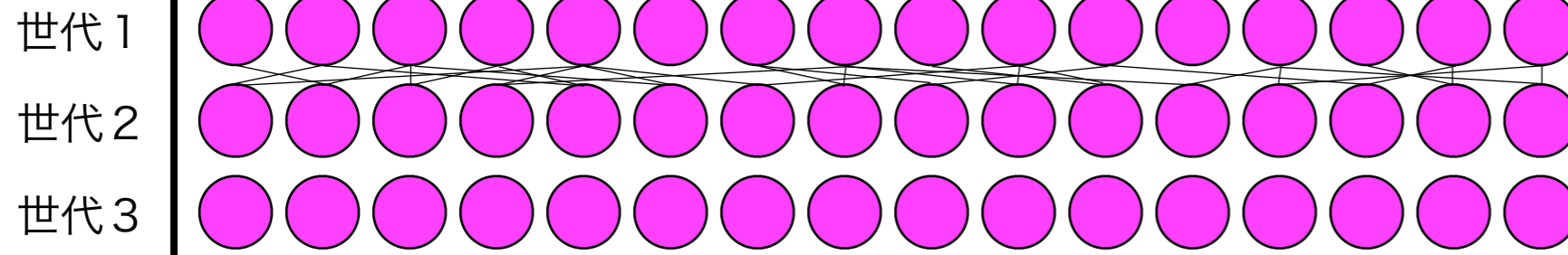
適応度

(子孫を残せる確率)
は全ての個体で一定

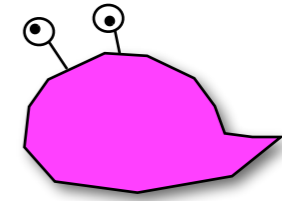


残せる子孫の数は偶然に
よってのみ決まる

種の進化



交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



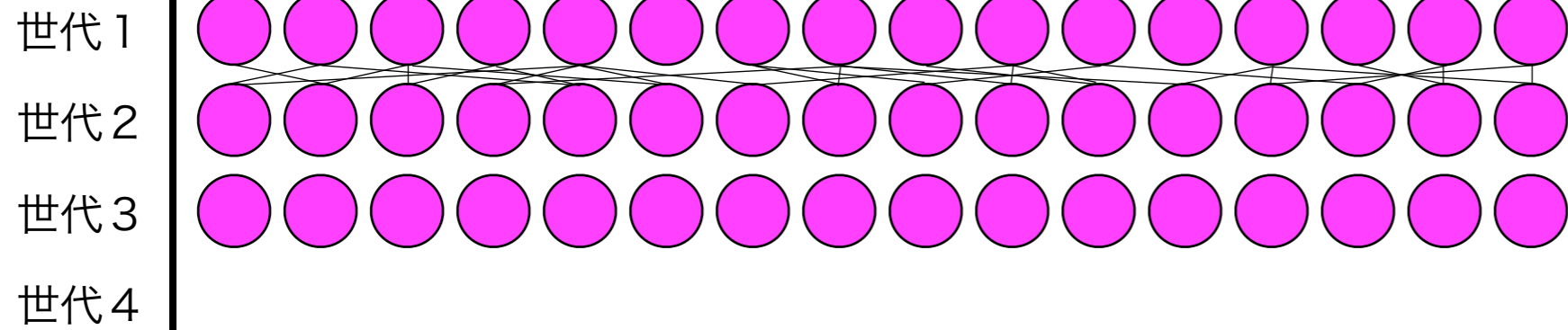
適応度

(子孫を残せる確率)
は全ての個体で一定

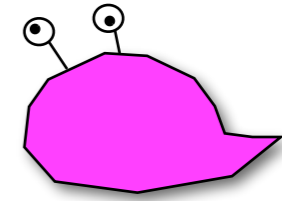


残せる子孫の数は偶然に
よってのみ決まる

種の進化



交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



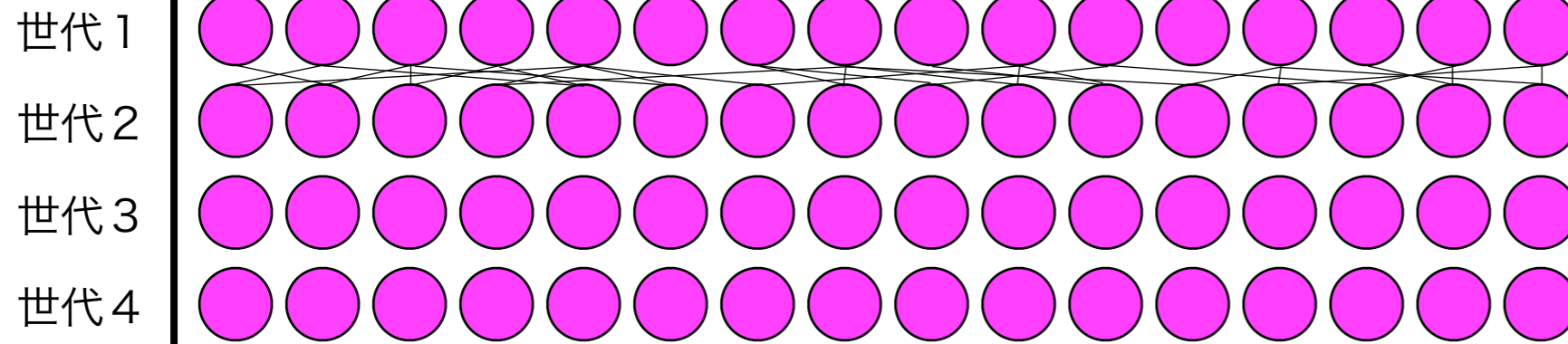
適応度

(子孫を残せる確率)
は全ての個体で一定

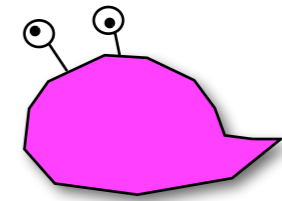


残せる子孫の数は偶然に
よってのみ決まる

種の進化



交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



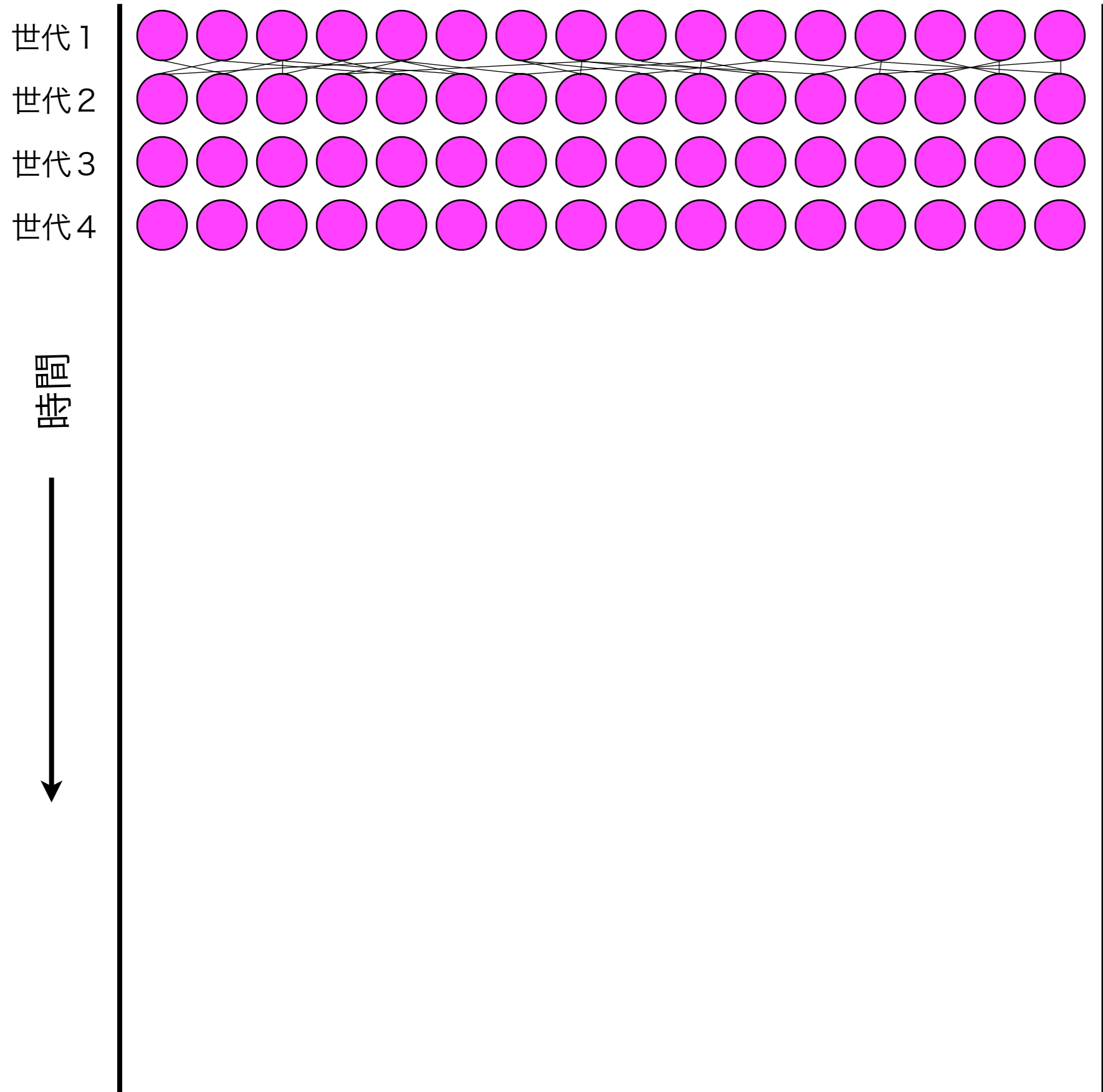
適応度

(子孫を残せる確率)
は全ての個体で一定

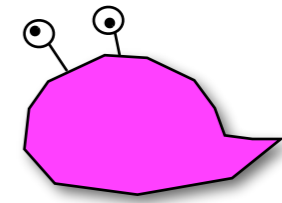


残せる子孫の数は偶然に
よってのみ決まる

種の進化



交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



適応度

(子孫を残せる確率)
は全ての個体で一定



残せる子孫の数は偶然に
よってのみ決まる

種の進化

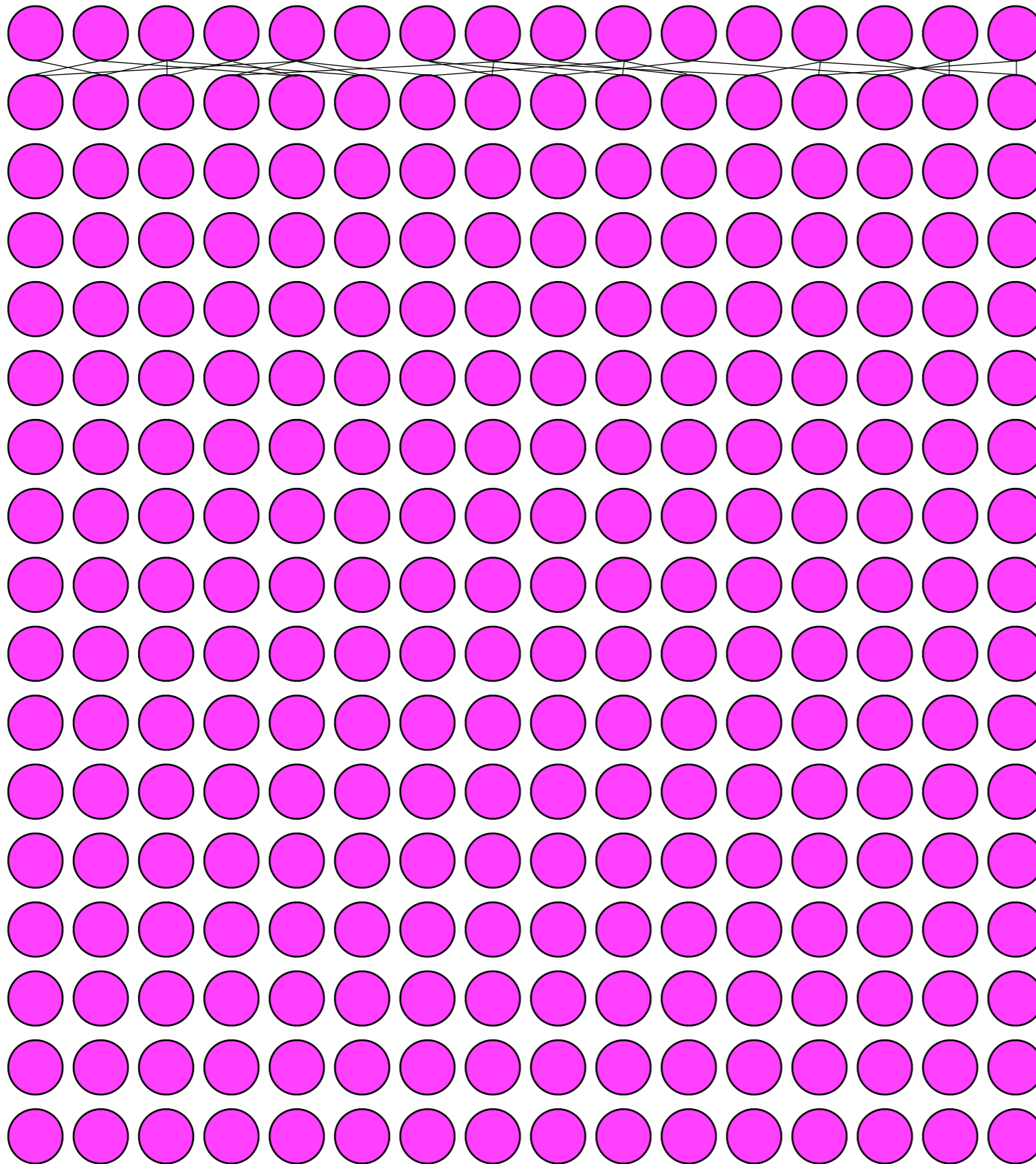
世代 1

世代 2

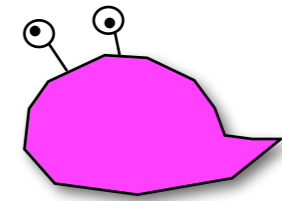
世代 3

世代 4

時間



交配し子孫を残せる個体の
集団を考える



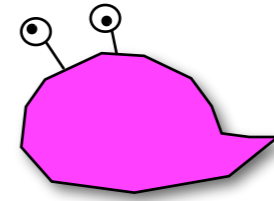
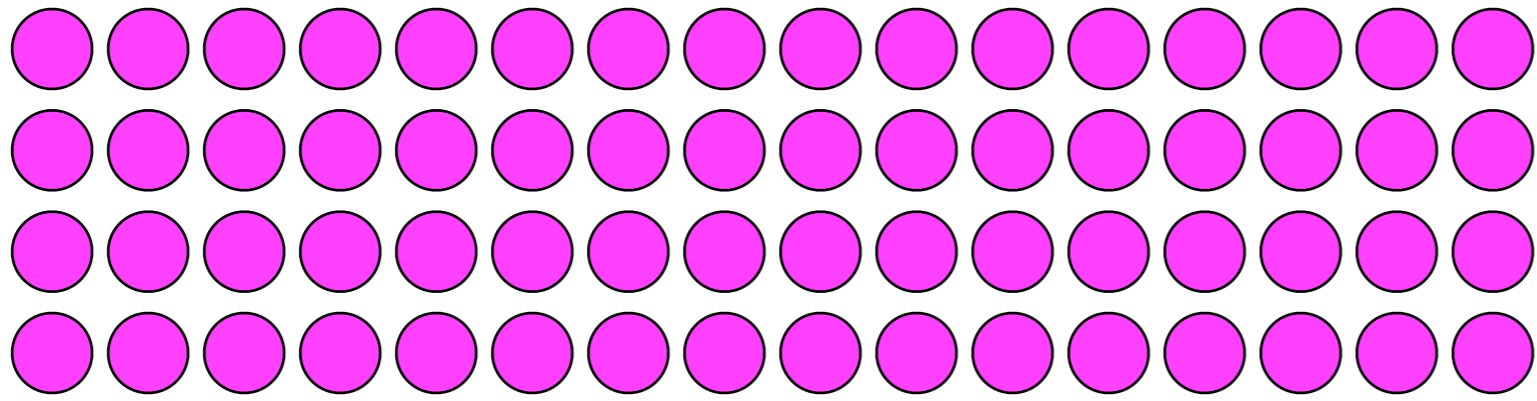
適応度

(子孫を残せる確率)
は全ての個体で一定



残せる子孫の数は偶然に
よってのみ決まる

種の進化の原動力：突然変異とその結末

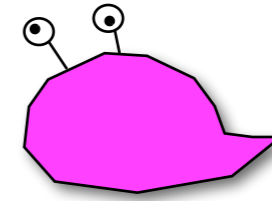
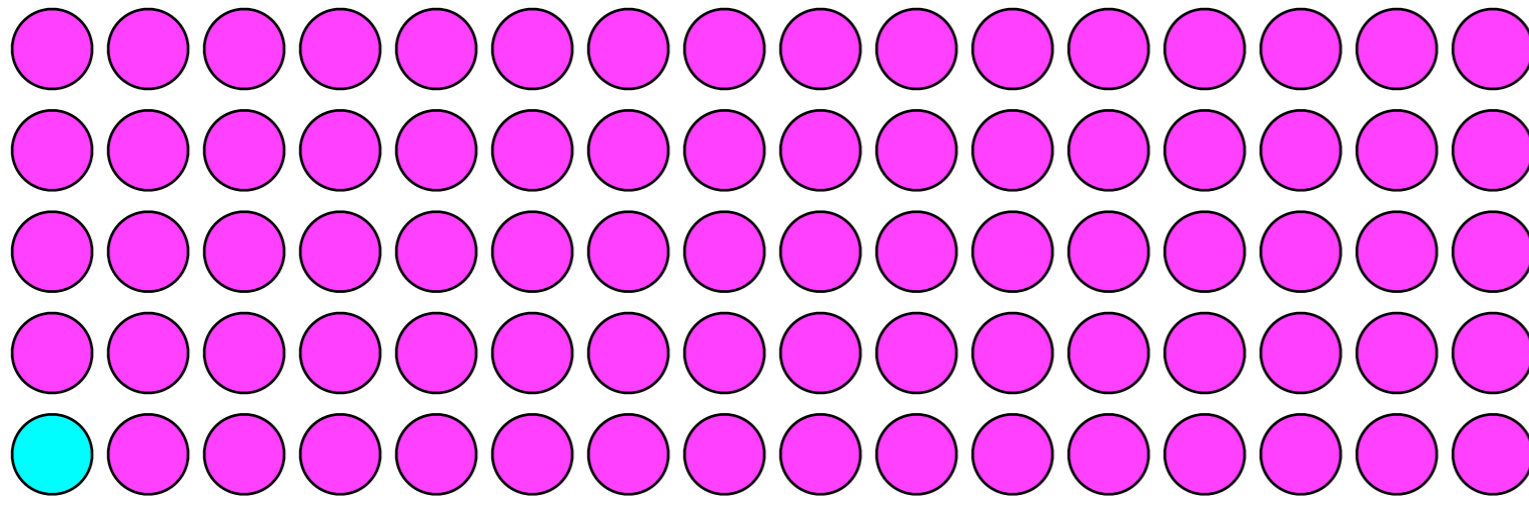


時間



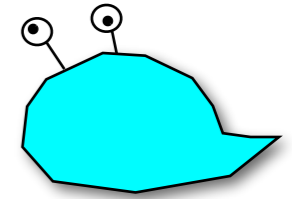
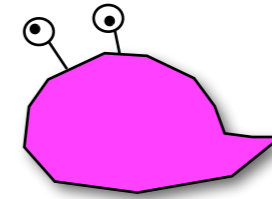
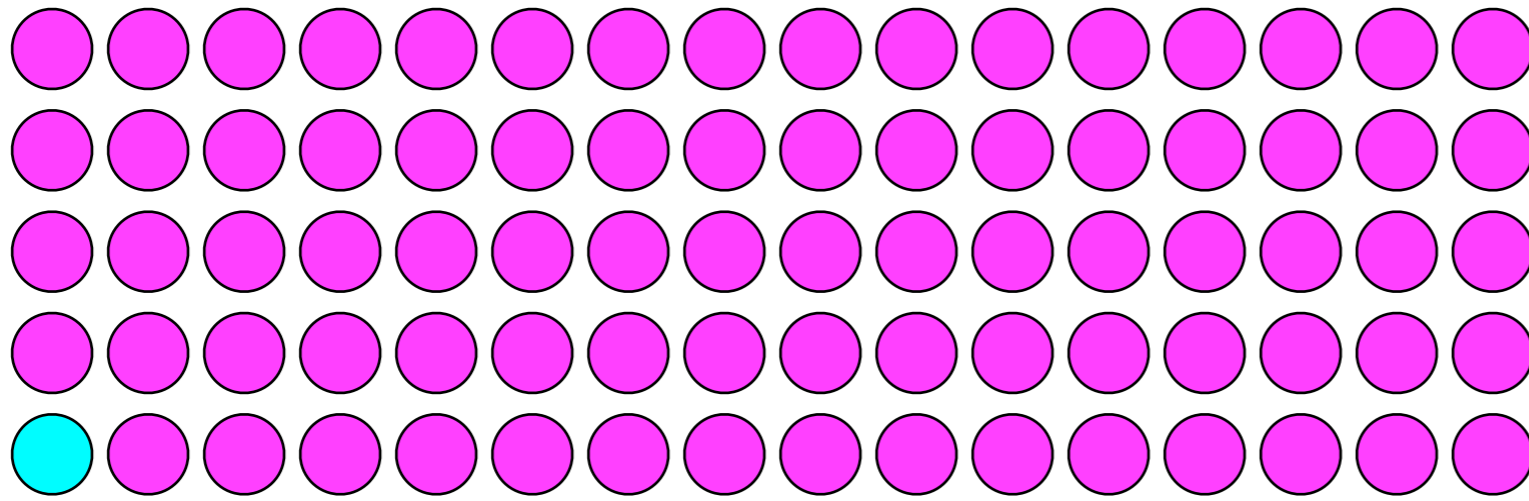
種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間



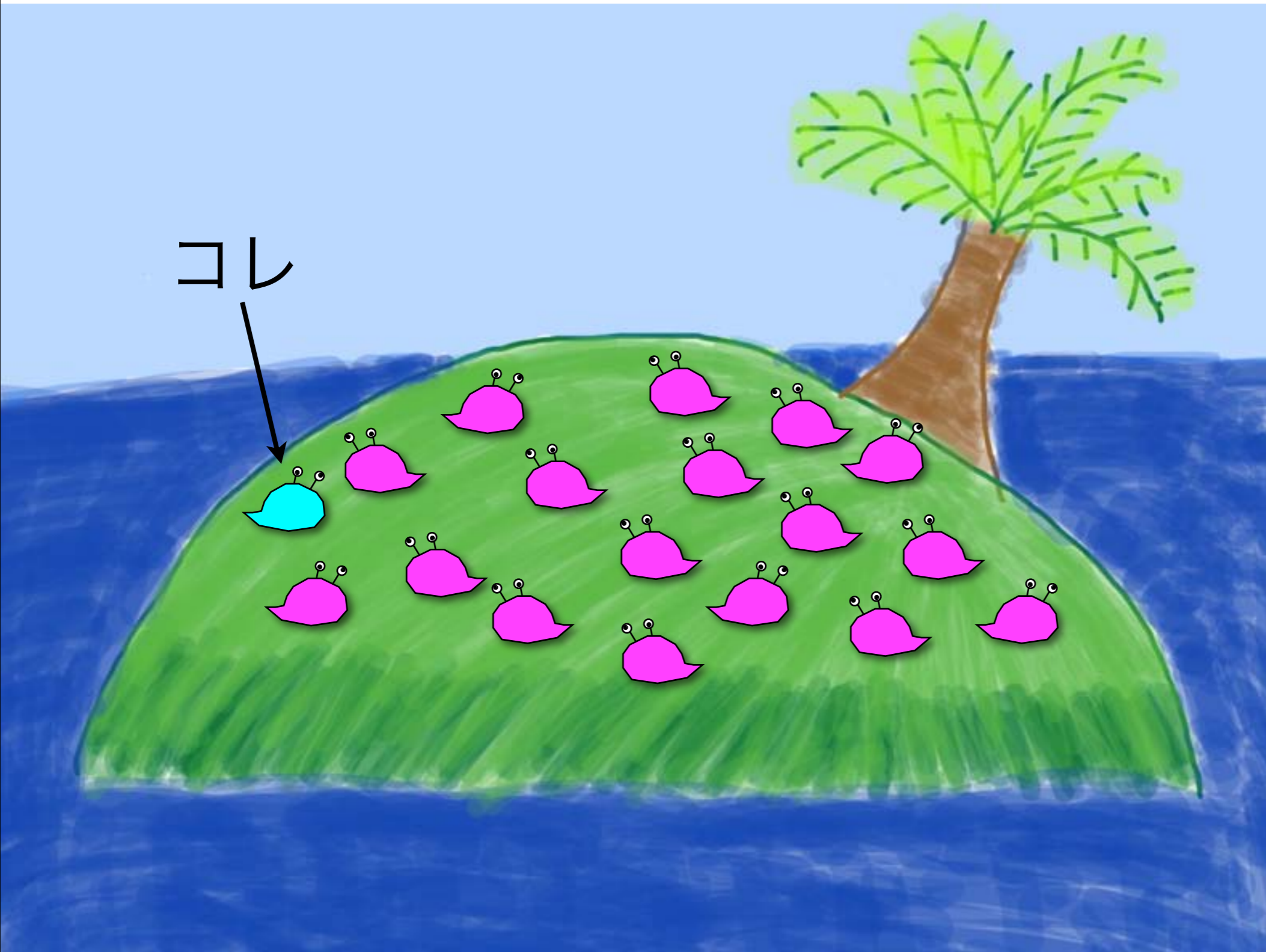
種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間



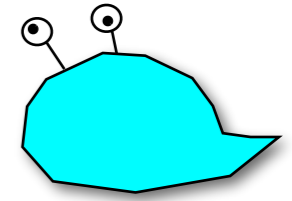
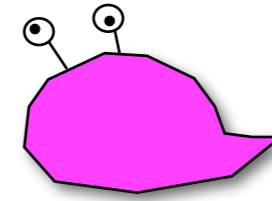
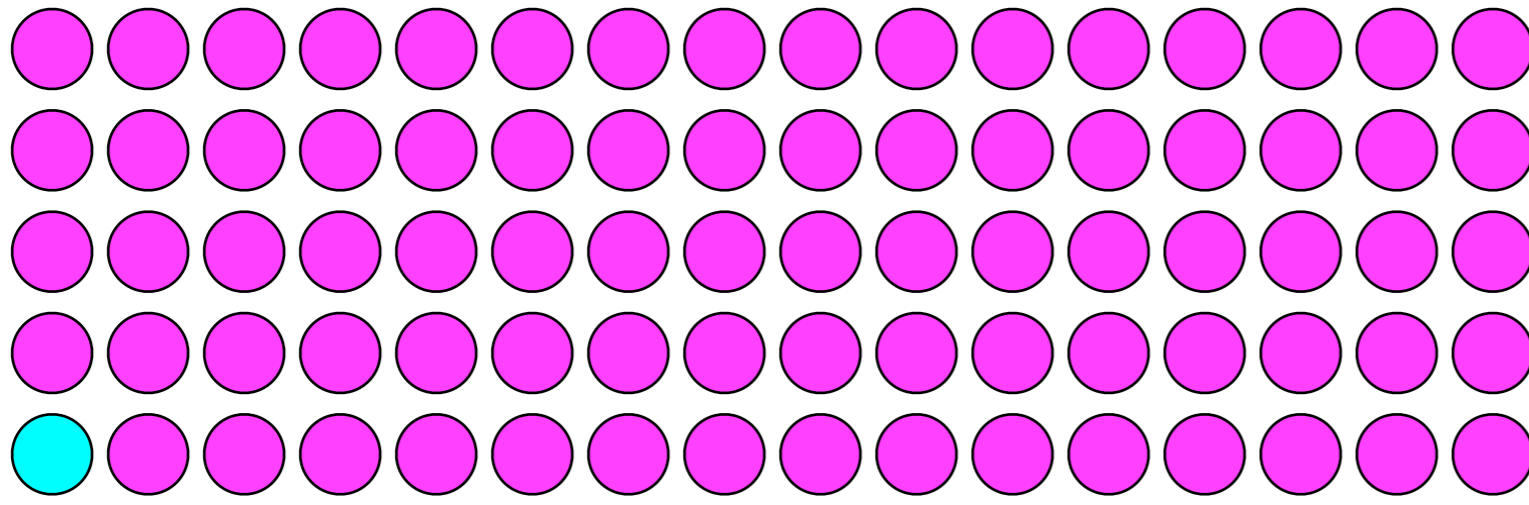
← **突然変異**が生まれる

種の進化の原動力：突然変異とその結末



種の進化の原動力：突然変異とその結末

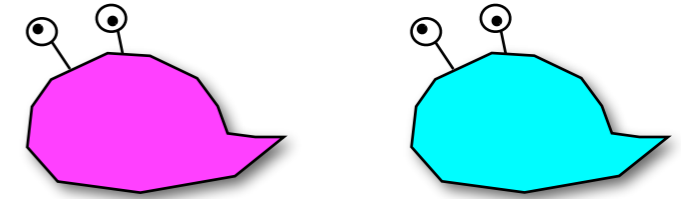
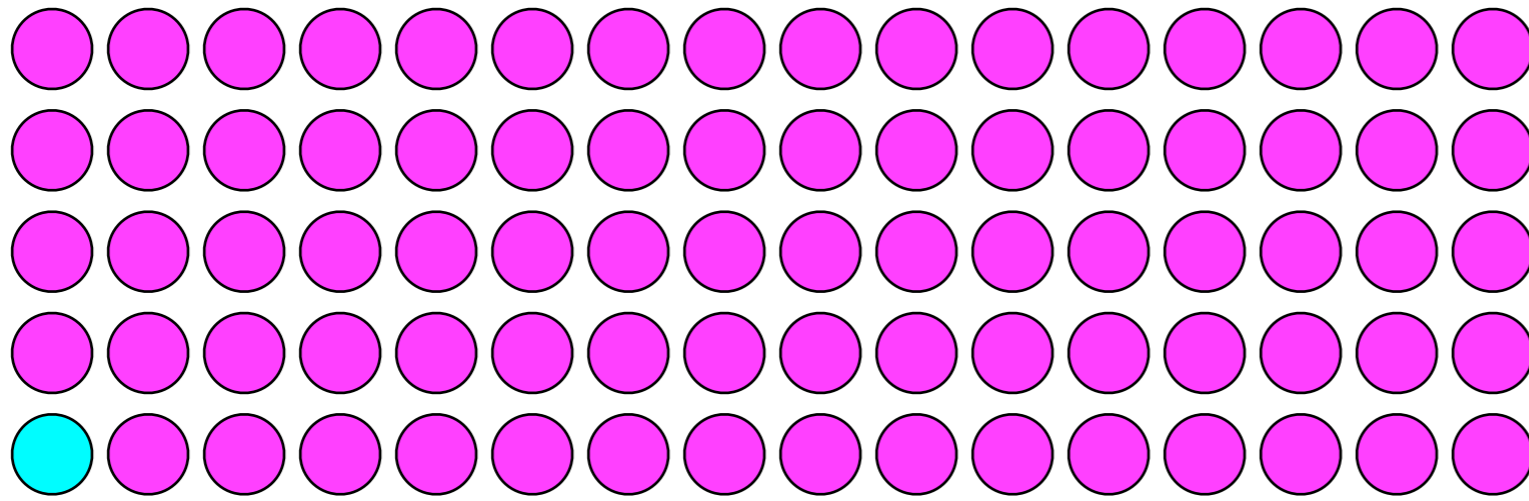
時間



← **突然変異**が生まれる

種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間

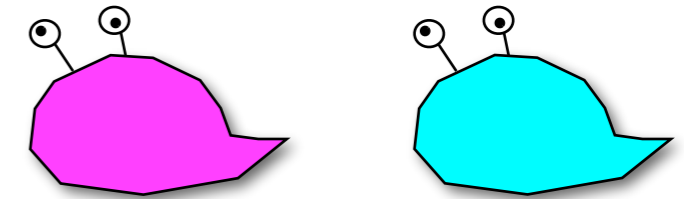
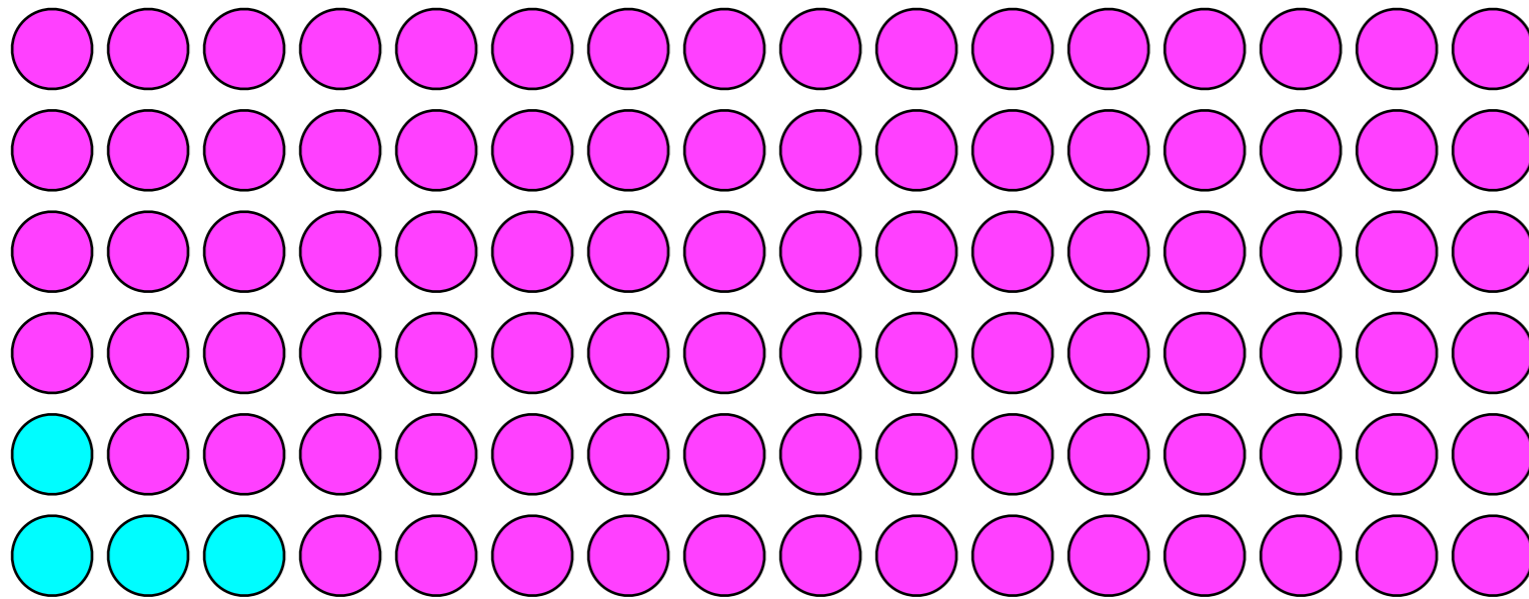


両者に適応度の差は無い

← **突然変異**が生まれる

種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間

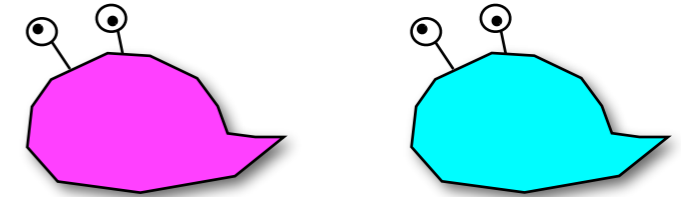
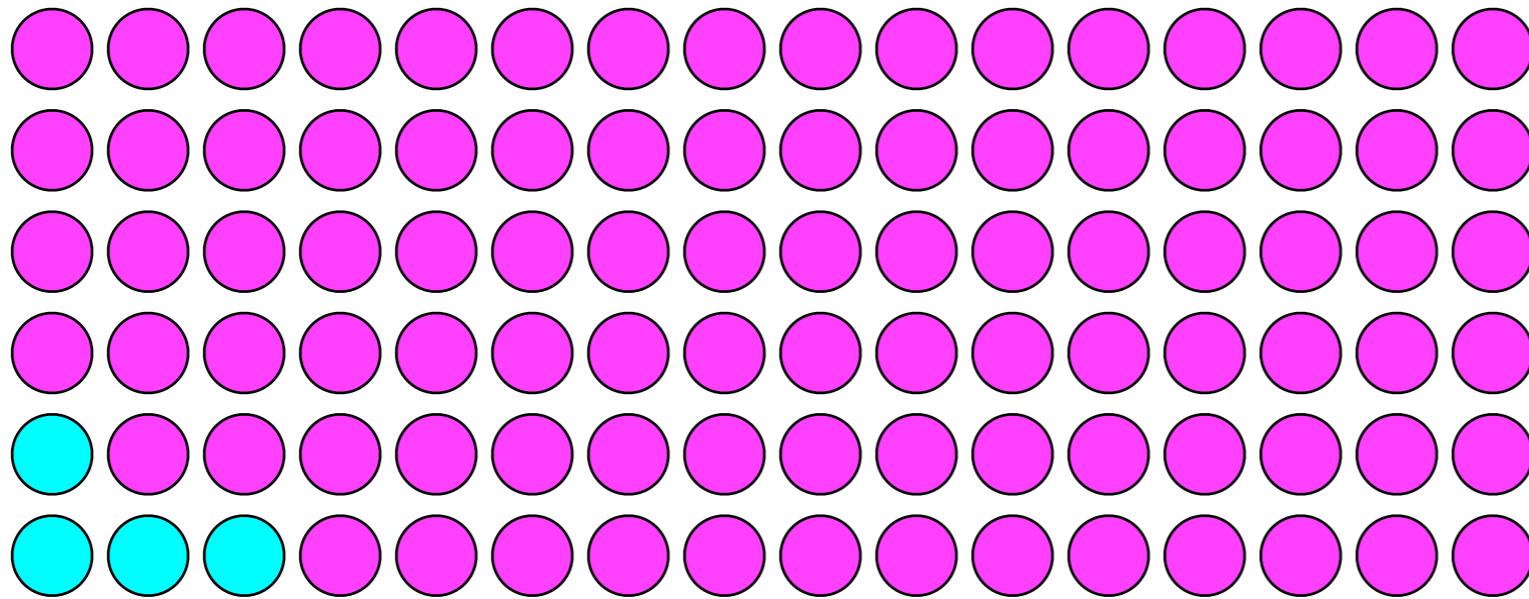


両者に適応度の差は無い

← **突然変異**が生まれる

種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間



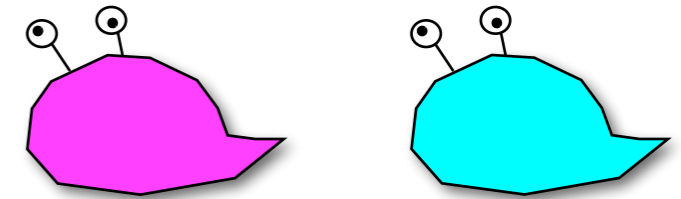
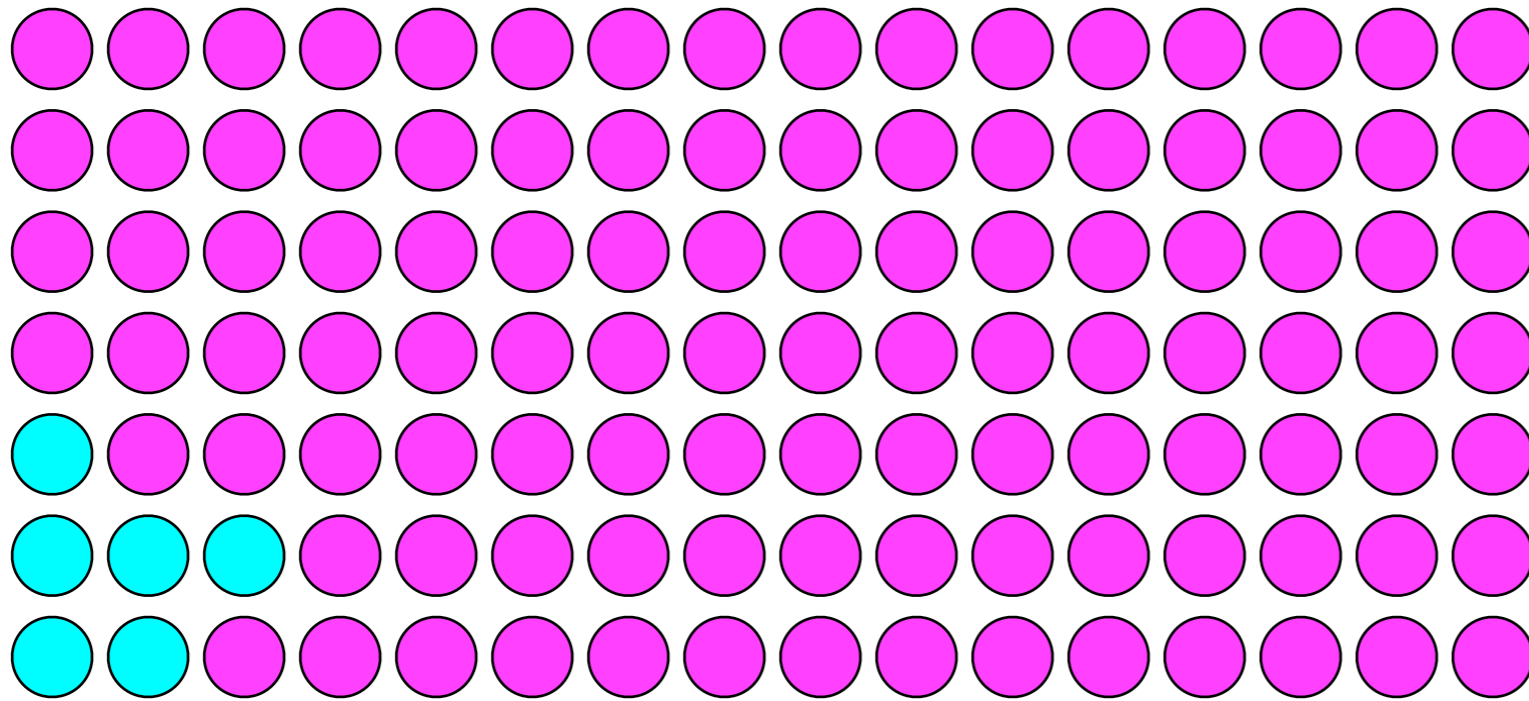
両者に適応度の差は無い

← **突然変異**が生まれる

← 水色の個体数は偶然によって決まる

種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間



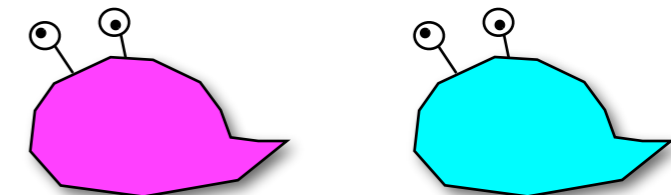
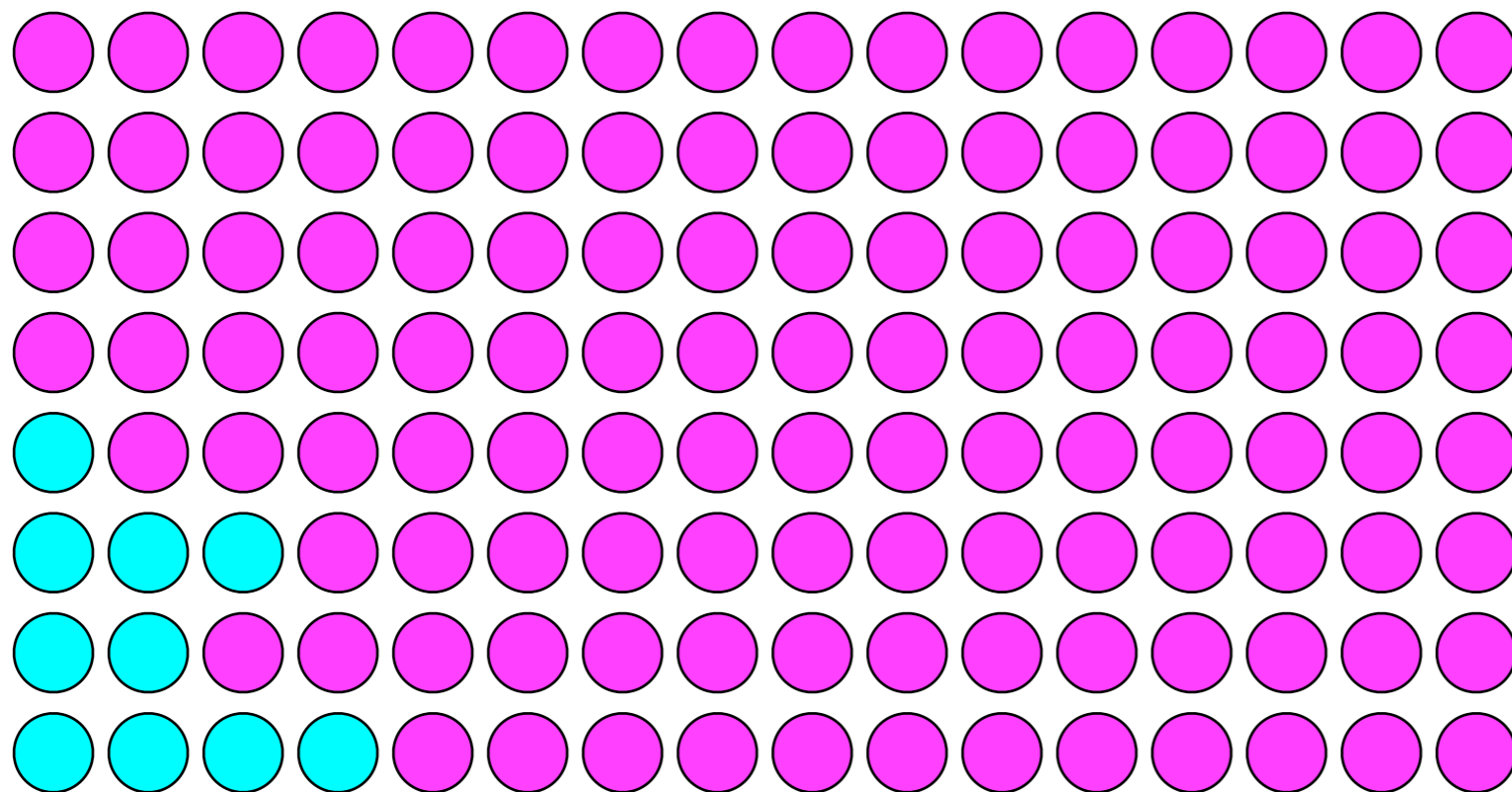
両者に適応度の差は無い

← **突然変異**が生まれる

← 水色の個体数は偶然によって決まる

種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間

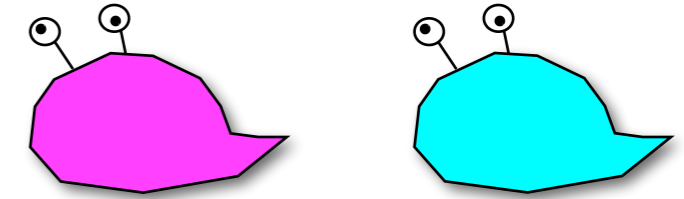
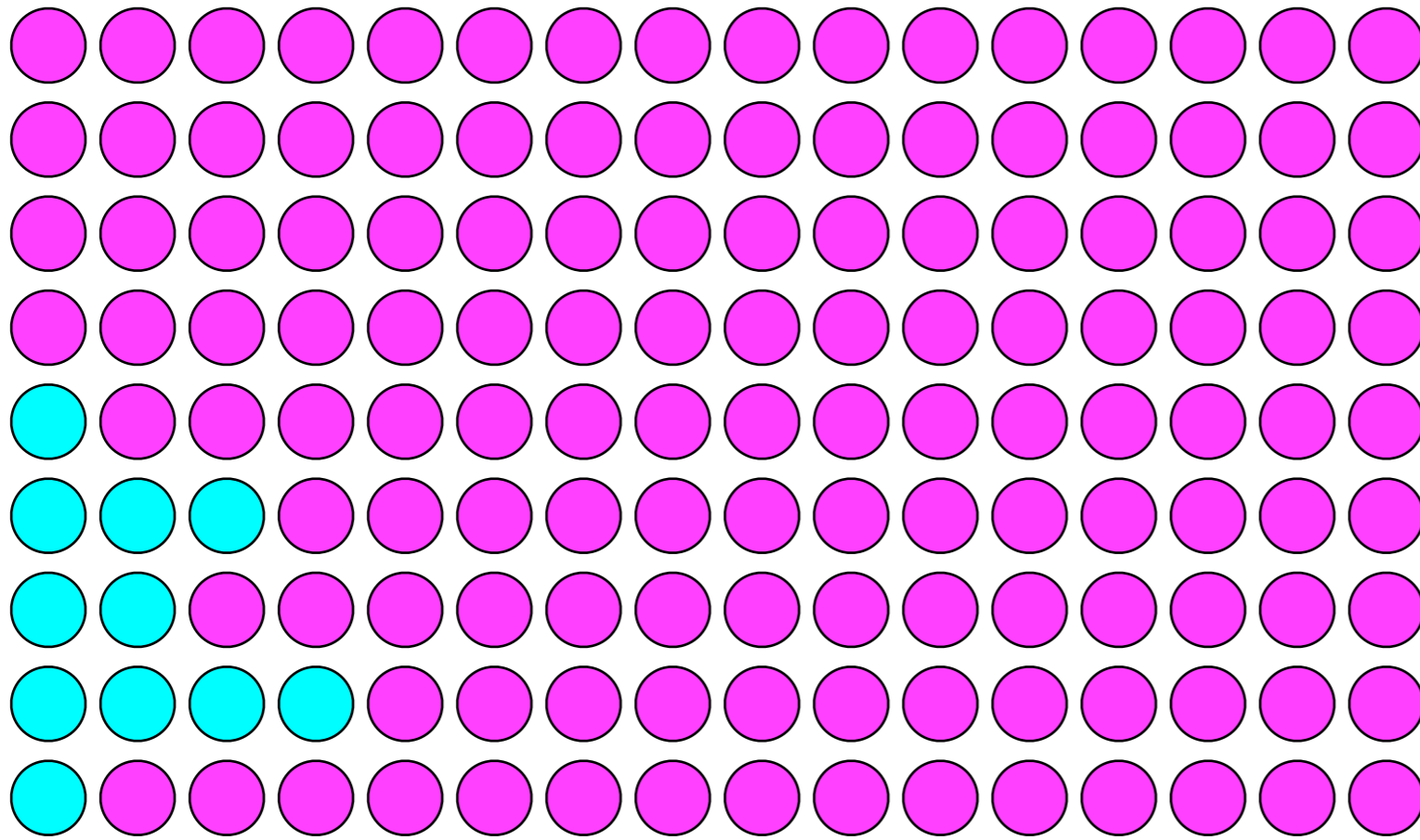


両者に適応度の差は無い

- ← **突然変異**が生まれる
- ← 水色の個体数は偶然によって決まる

種の進化の原動力：突然変異とその結末

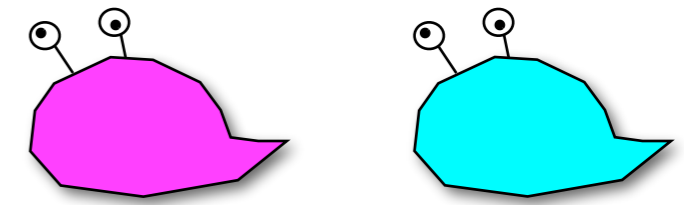
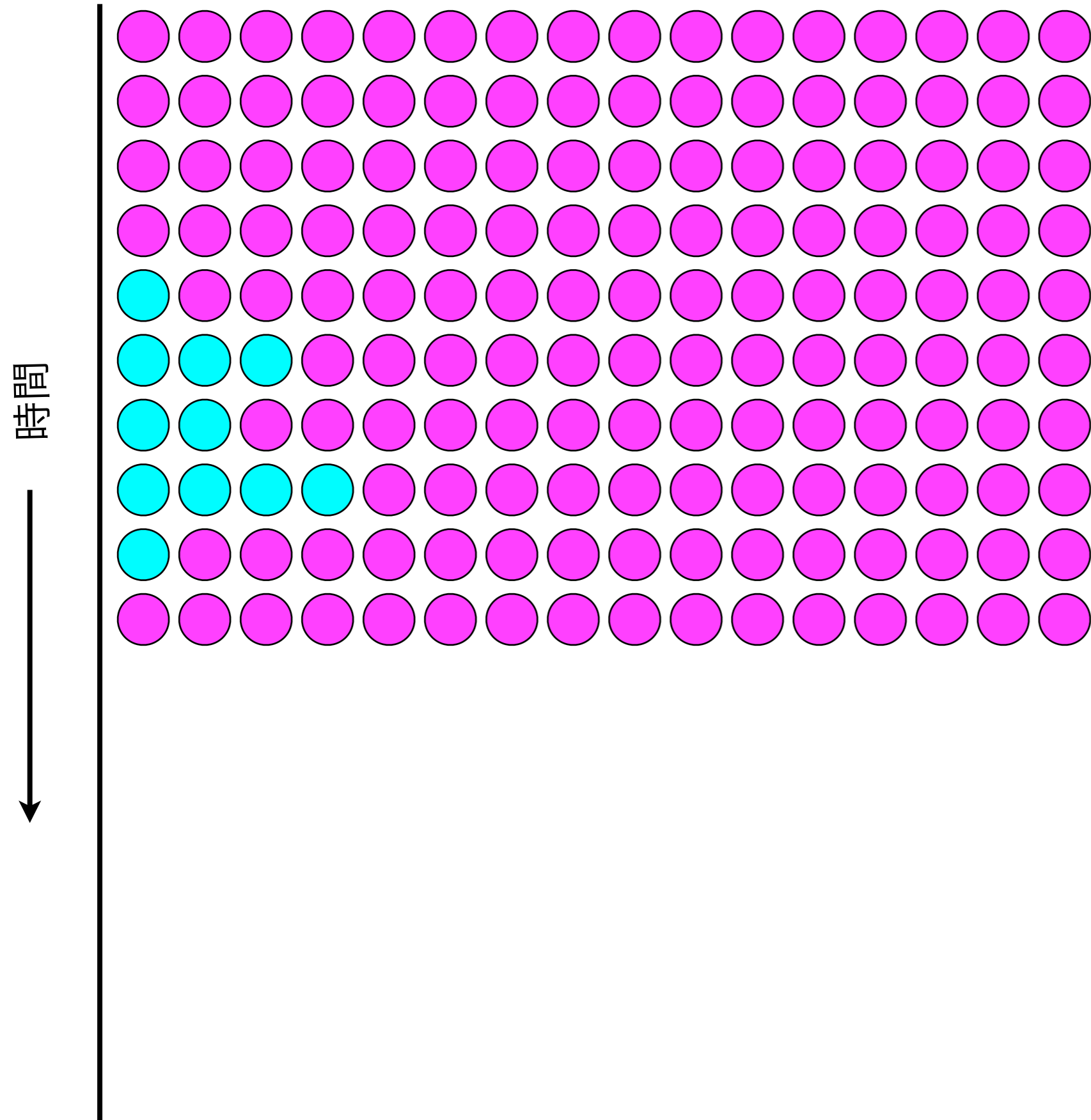
時間



両者に適応度の差は無い

- ← **突然変異**が生まれる
- ← 水色の個体数は偶然によって決まる

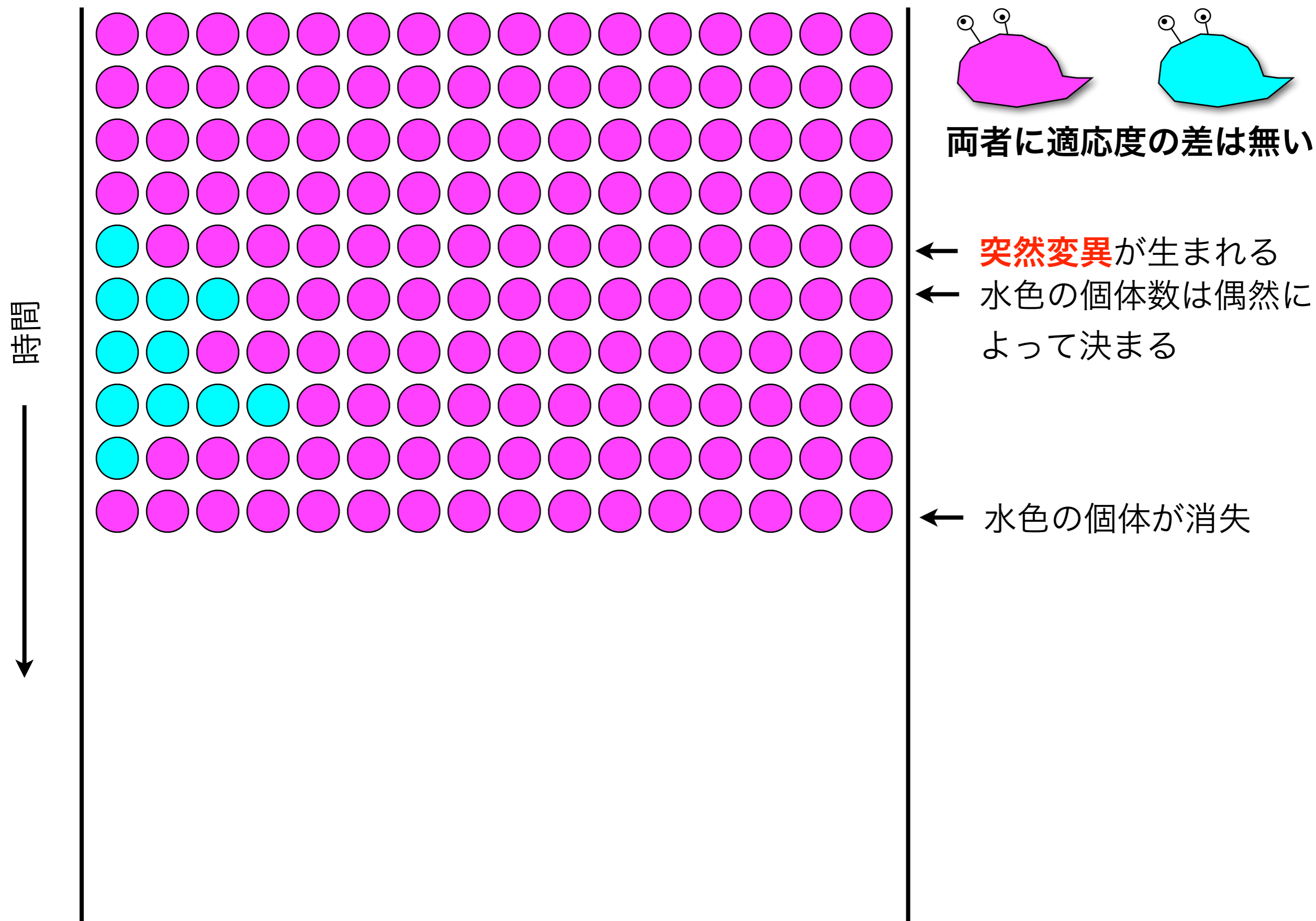
種の進化の原動力：突然変異とその結末



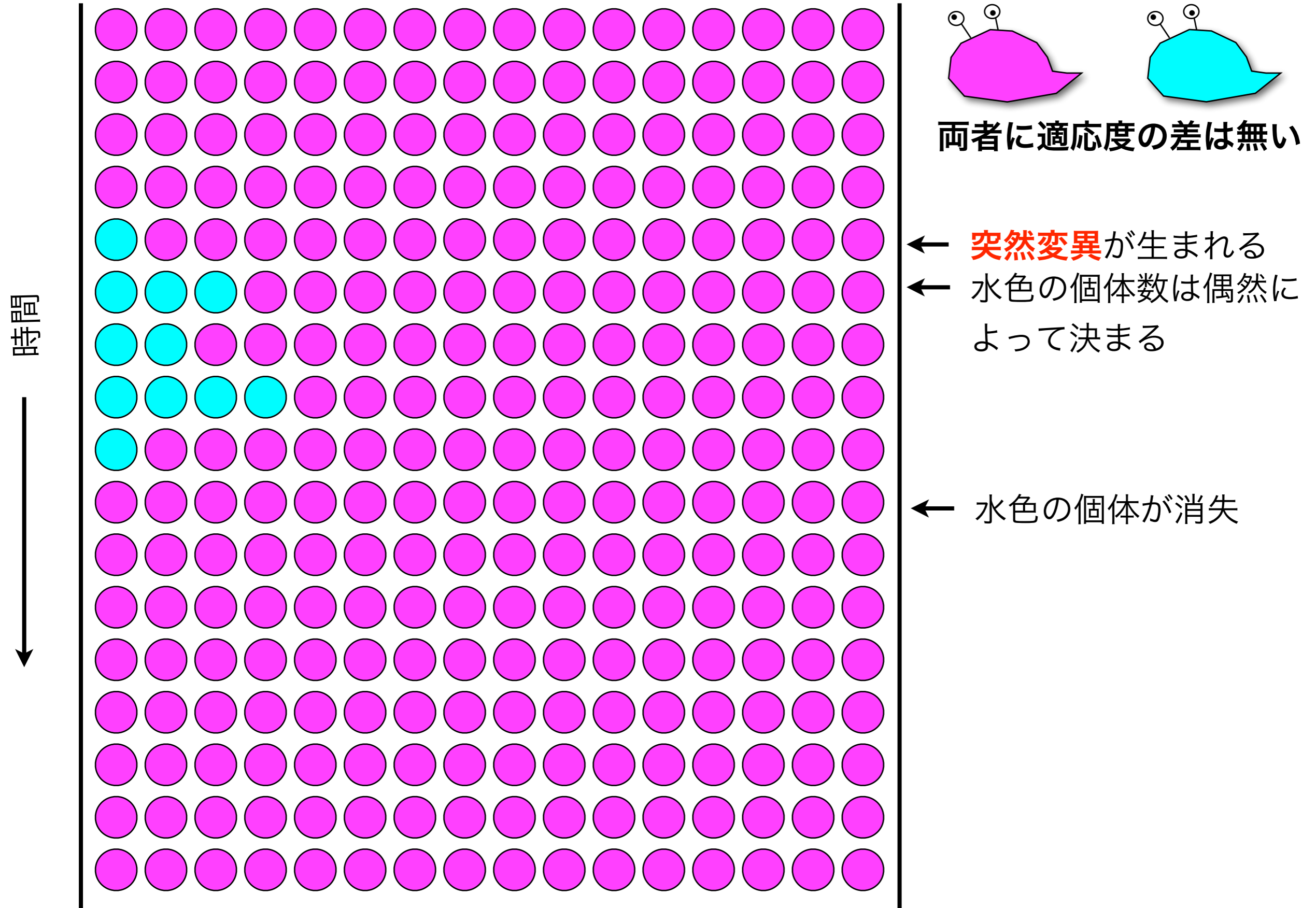
両者に適応度の差は無い

- ← **突然変異**が生まれる
- ← 水色の個体数は偶然によって決まる

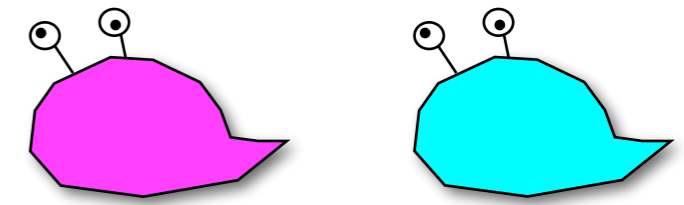
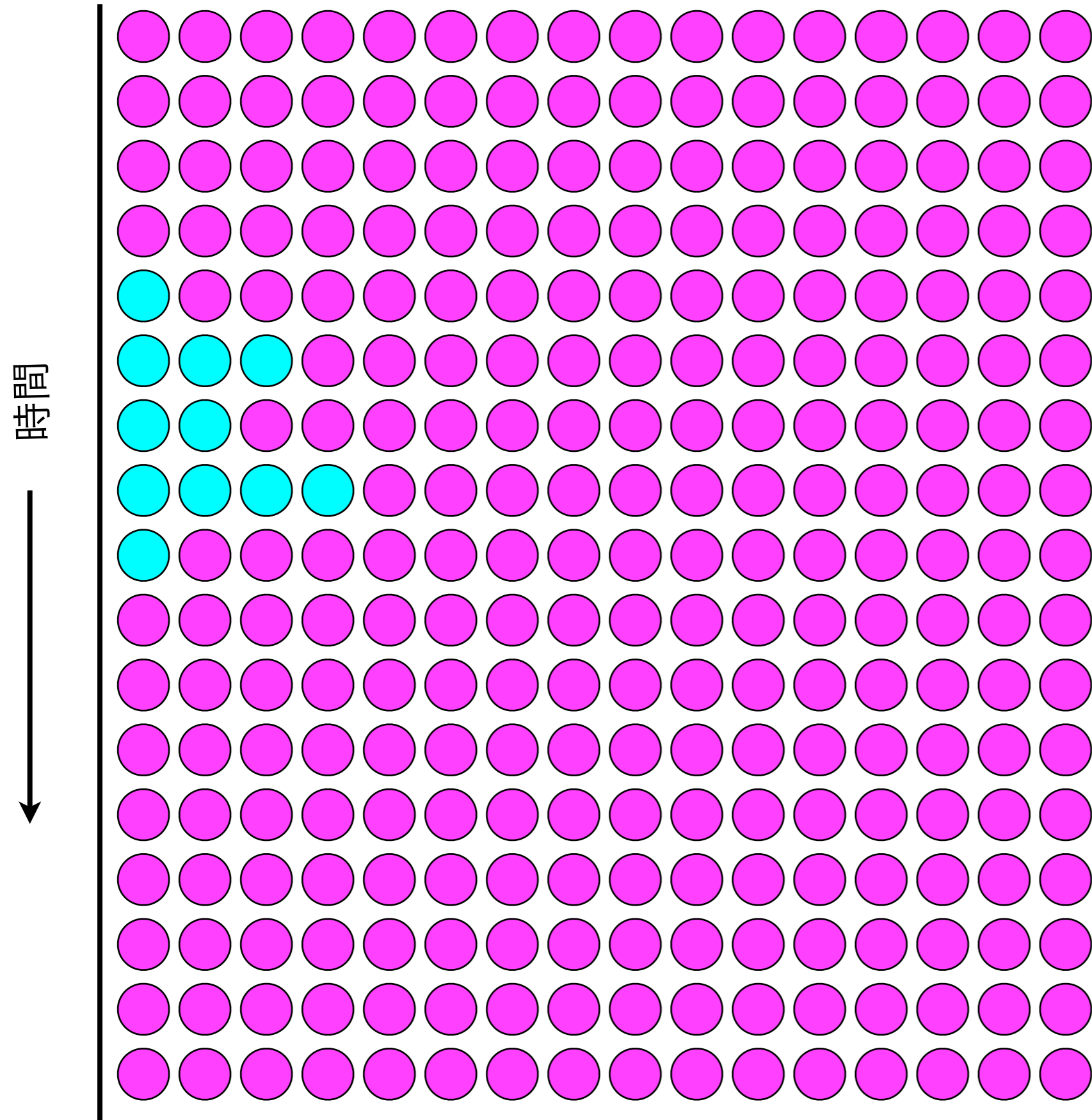
種の進化の原動力：突然変異とその結末



種の進化の原動力：突然変異とその結末



種の進化の原動力：突然変異とその結末



両者に適応度の差は無い

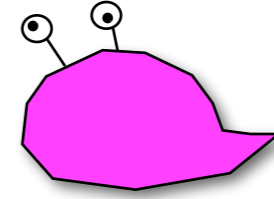
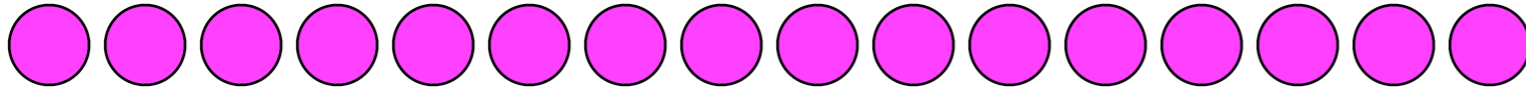
← **突然変異**が生まれる
← 水色の個体数は偶然によって決まる

← 水色の個体が消失

突然変異の**消失**

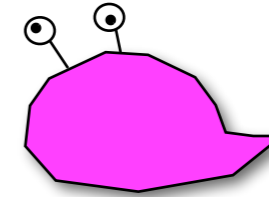
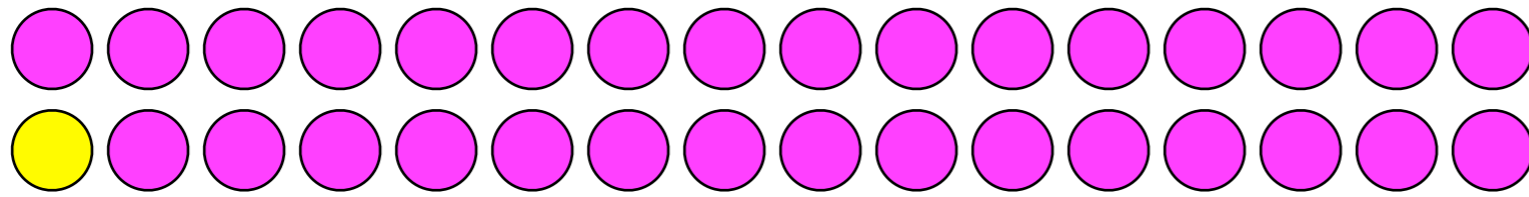
種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間



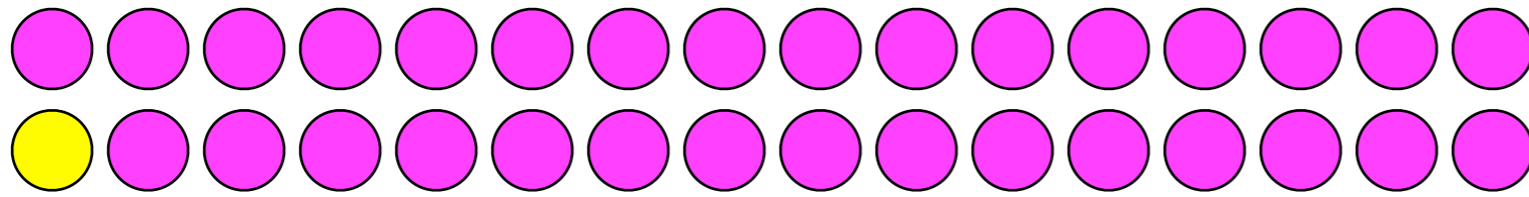
種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間

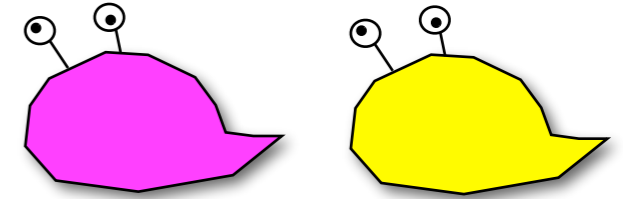


種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間

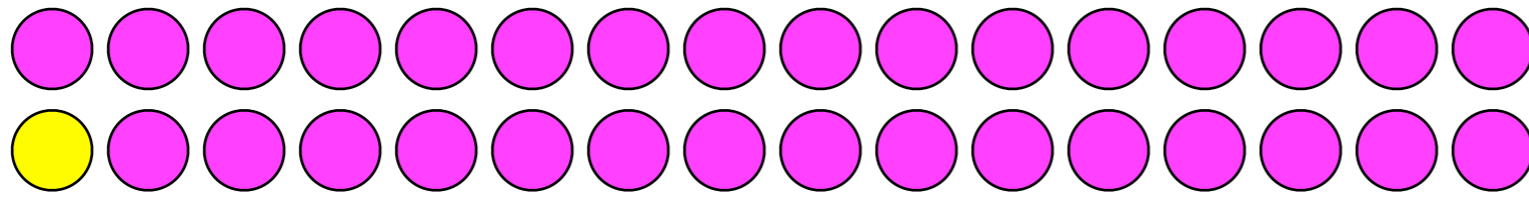


← 突然変異が生まれる

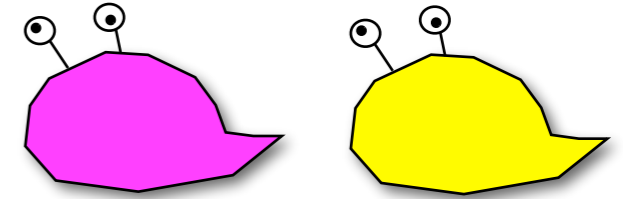


種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間



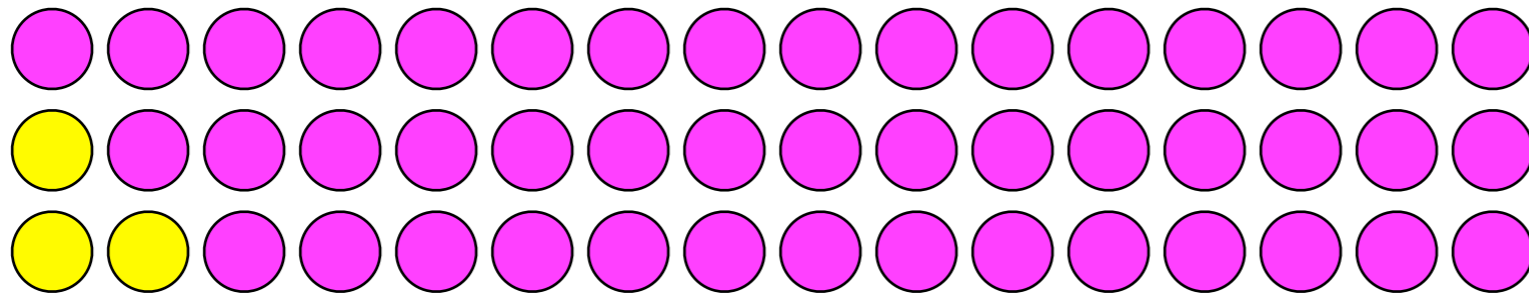
← 突然変異が生まれる



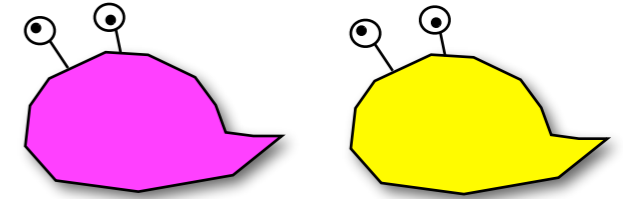
両者に適応度の差は無い

種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間



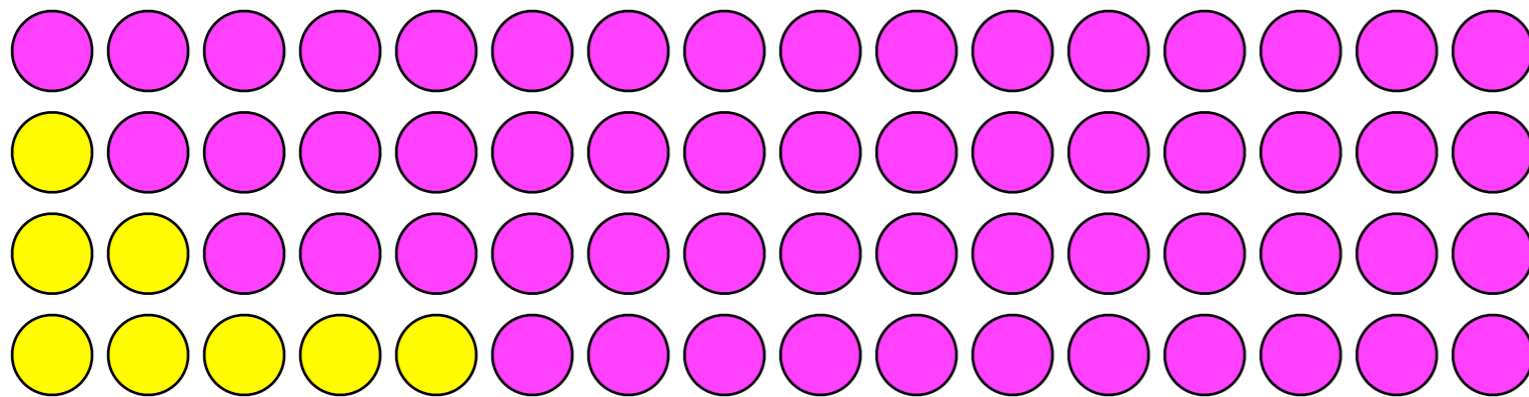
← 突然変異が生まれる



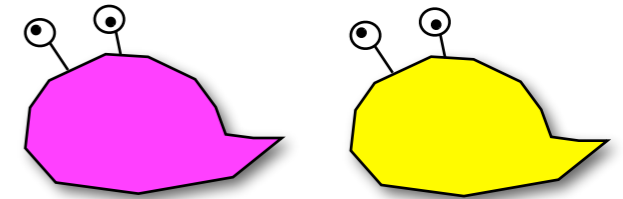
両者に適応度の差は無い

種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間



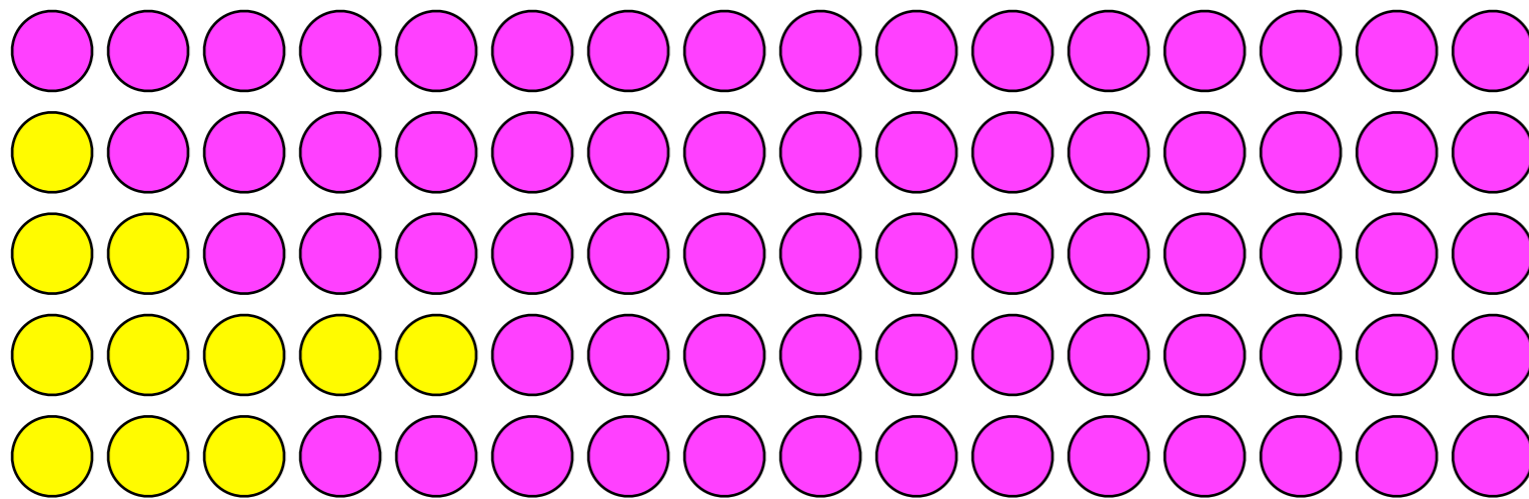
← 突然変異が生まれる



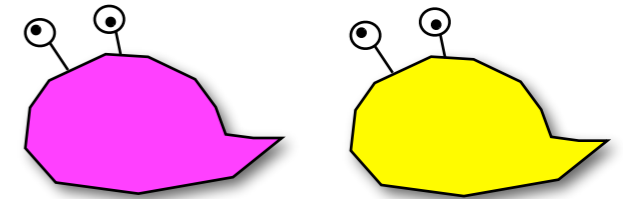
両者に適応度の差は無い

種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間



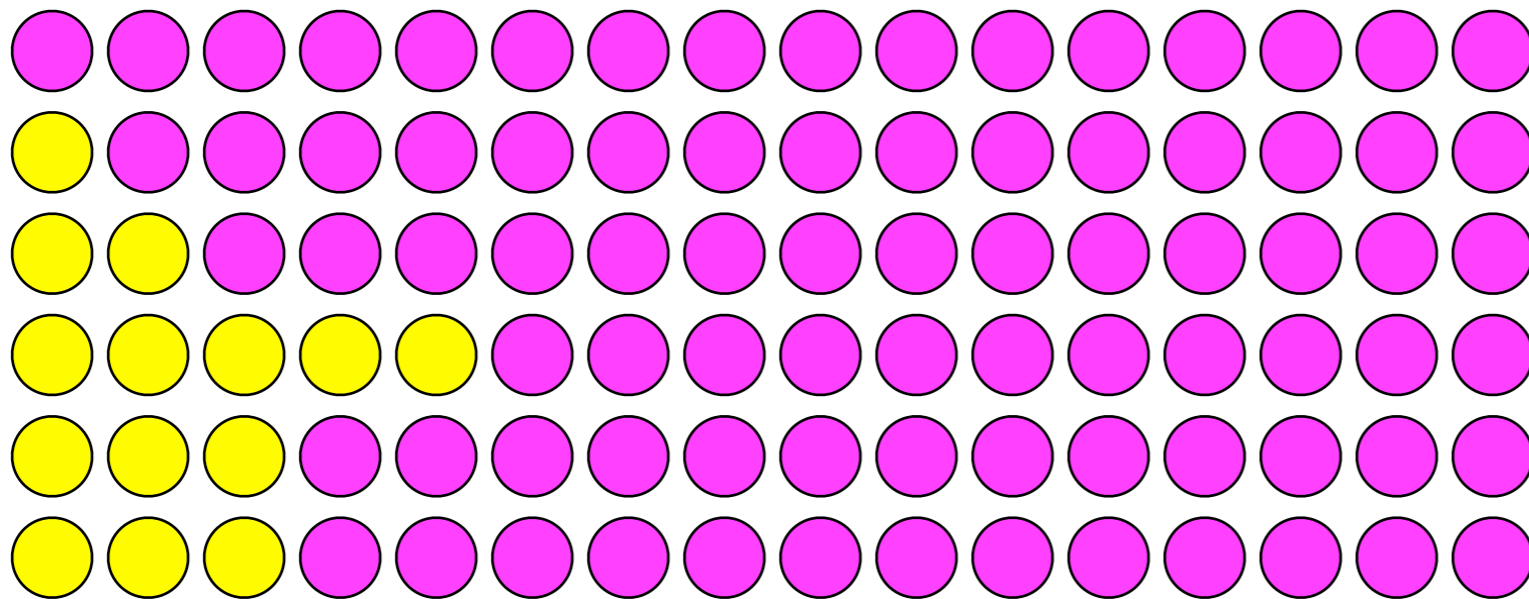
← 突然変異が生まれる



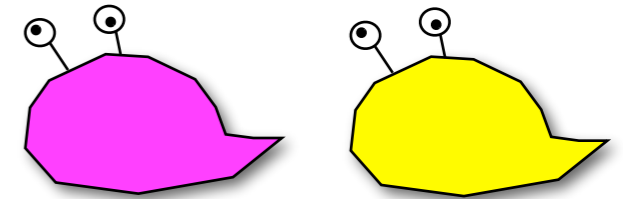
両者に適応度の差は無い

種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間



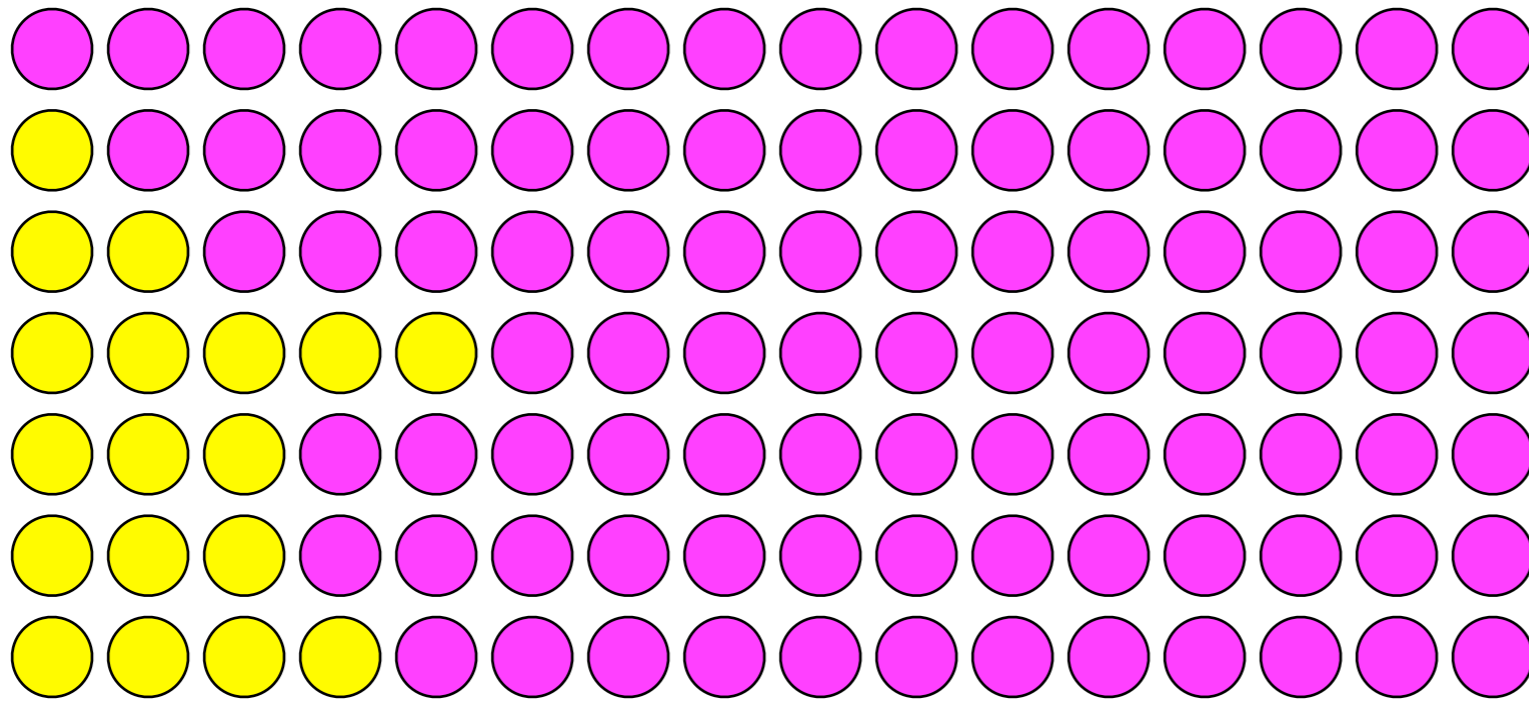
← 突然変異が生まれる



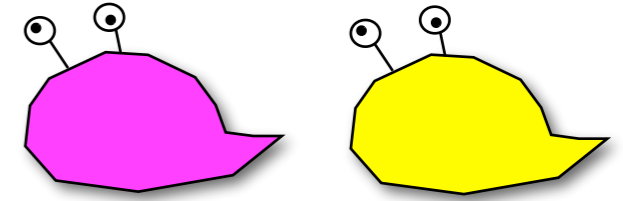
両者に適応度の差は無い

種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間

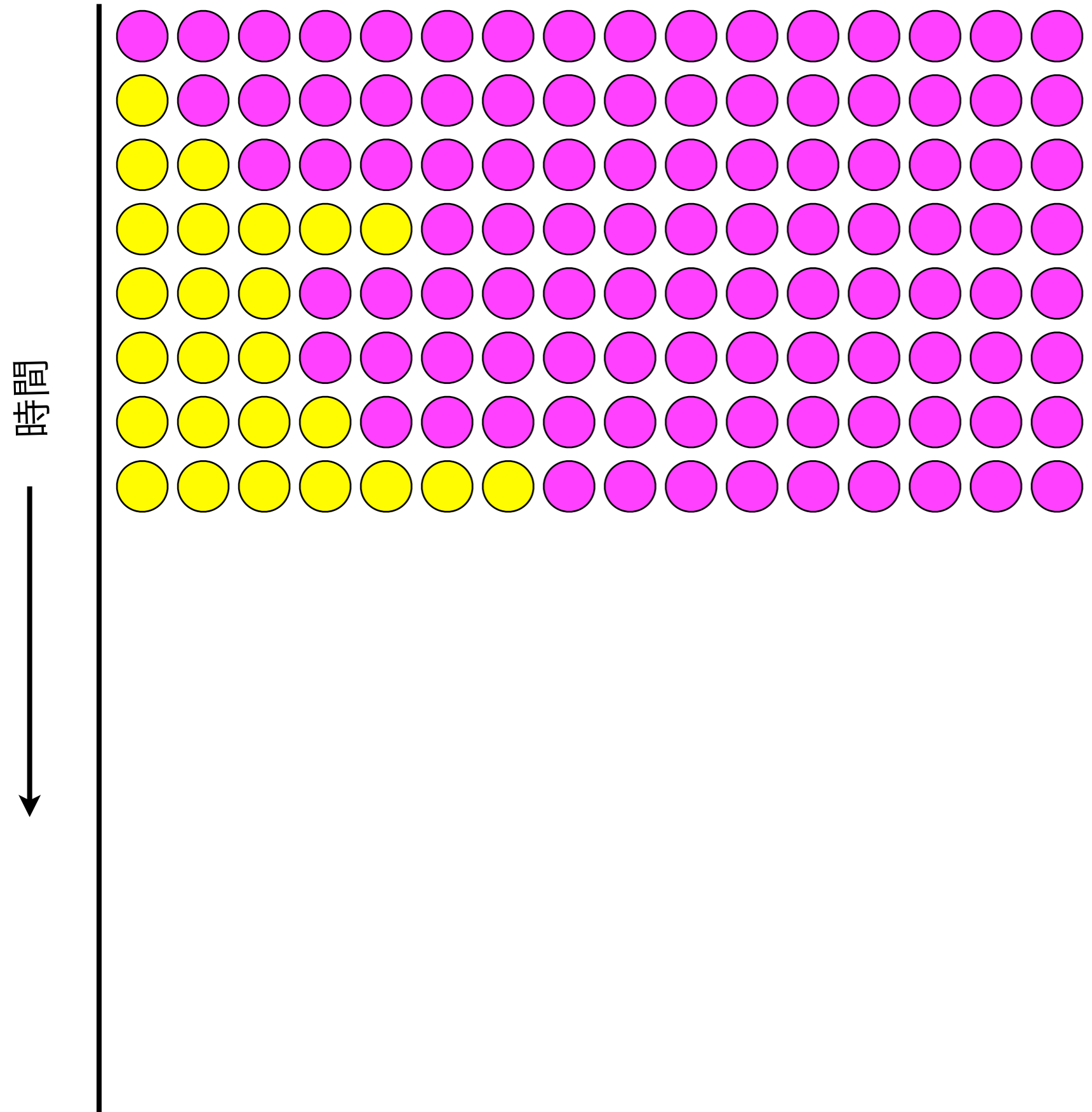


← 突然変異が生まれる

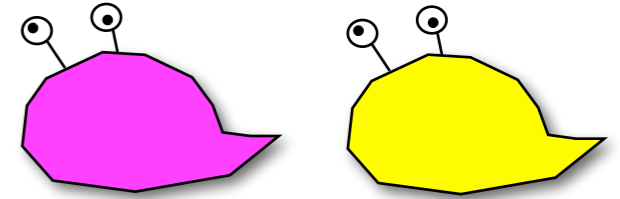


両者に適応度の差は無い

種の進化の原動力：突然変異とその結末

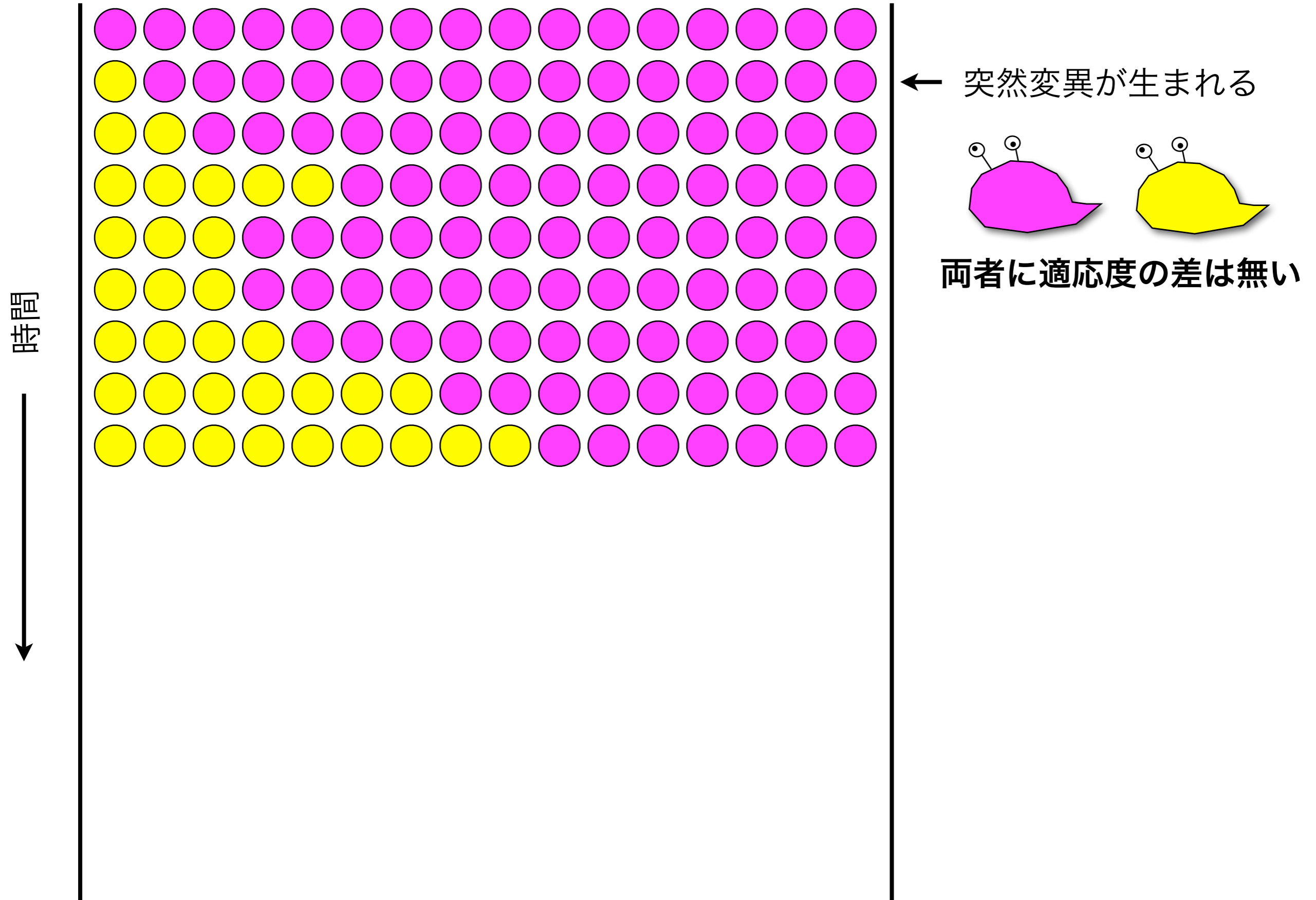


← 突然変異が生まれる

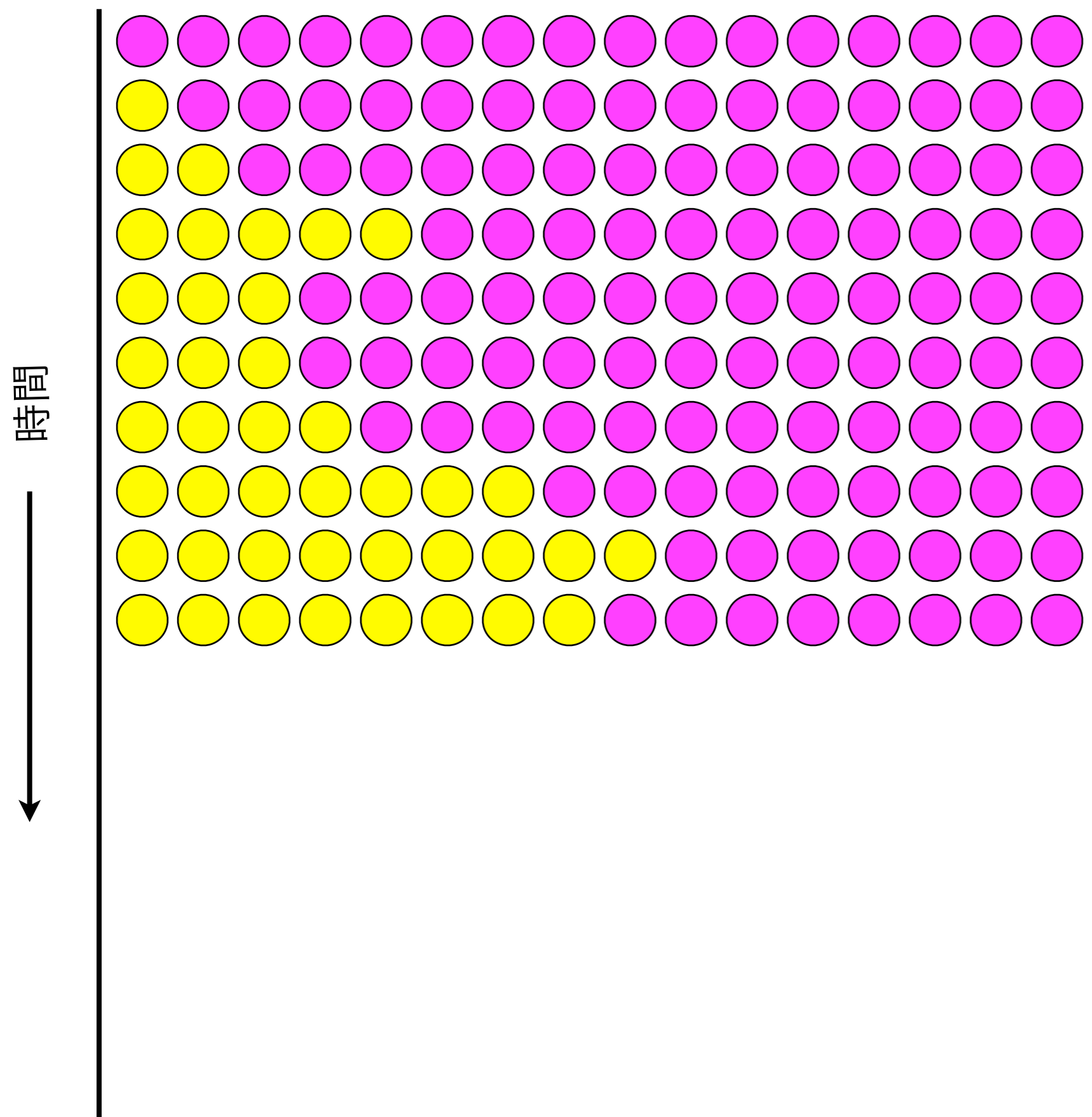


両者に適応度の差は無い

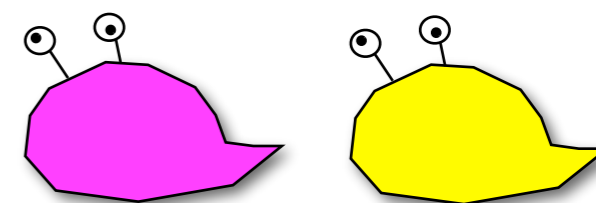
種の進化の原動力：突然変異とその結末



種の進化の原動力：突然変異とその結末

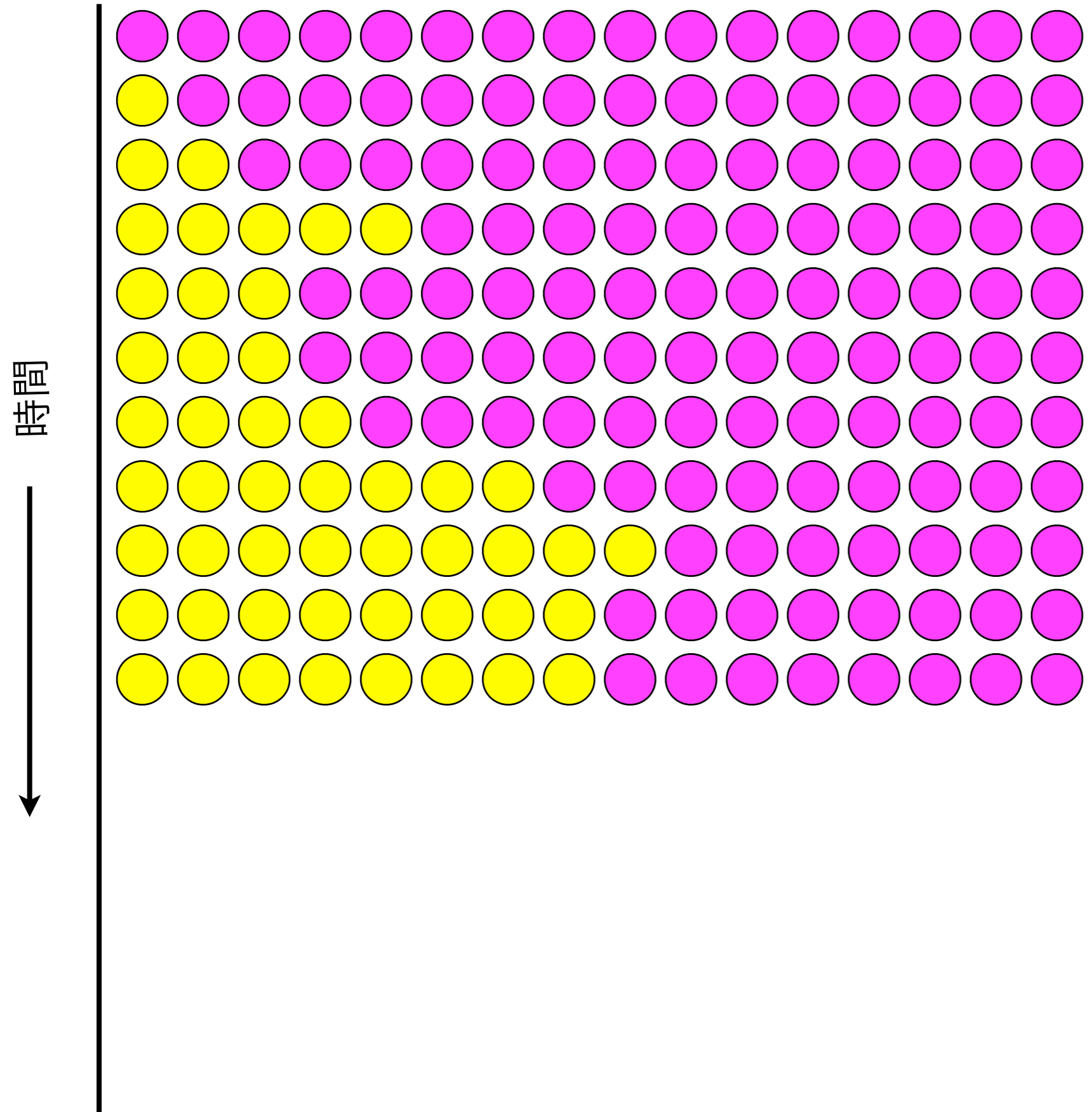


← 突然変異が生まれる

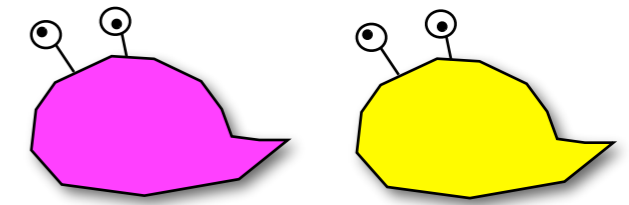


両者に適応度の差は無い

種の進化の原動力：突然変異とその結末

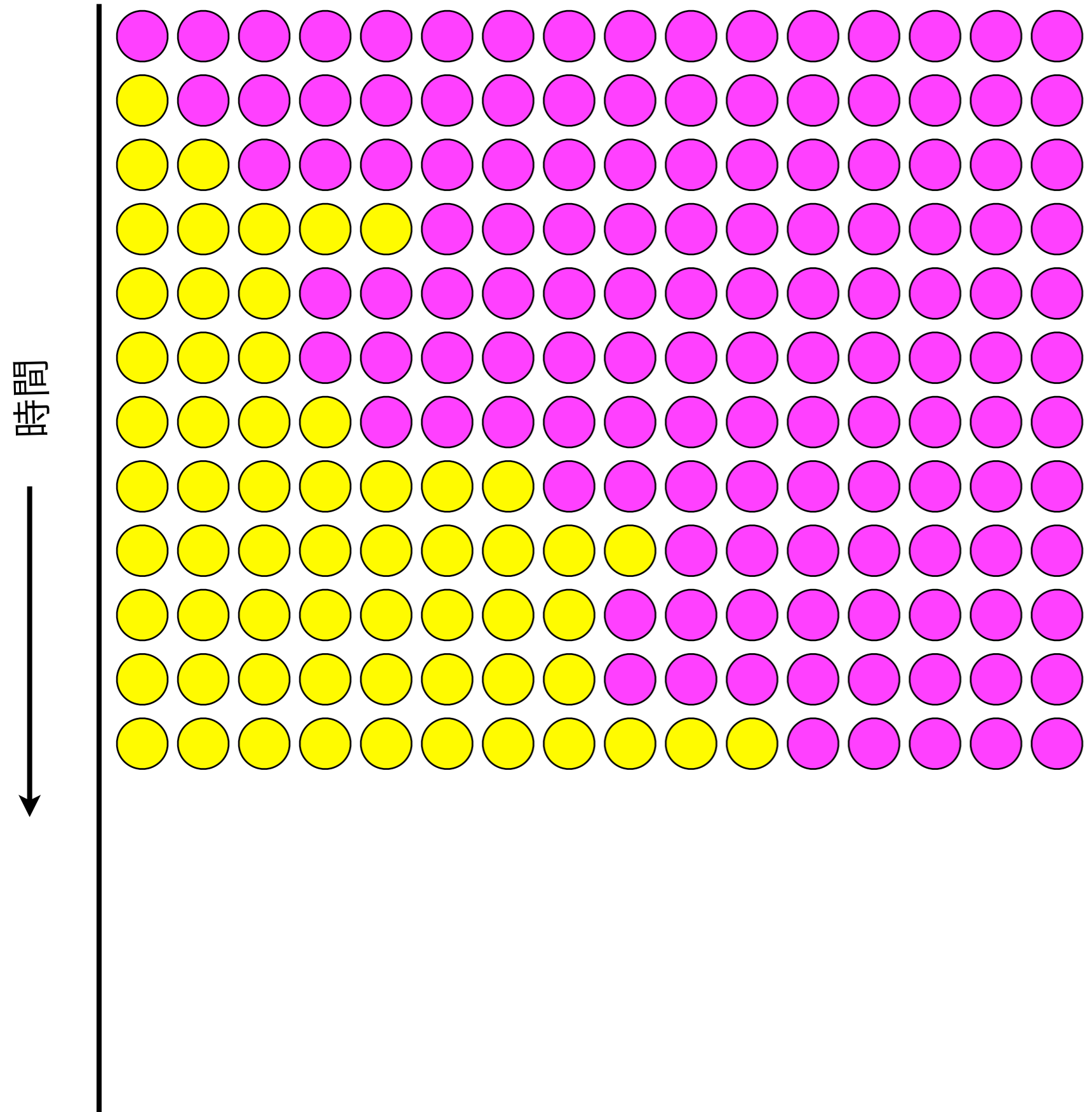


← 突然変異が生まれる

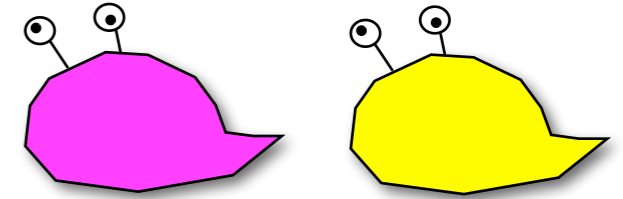


両者に適応度の差は無い

種の進化の原動力：突然変異とその結末

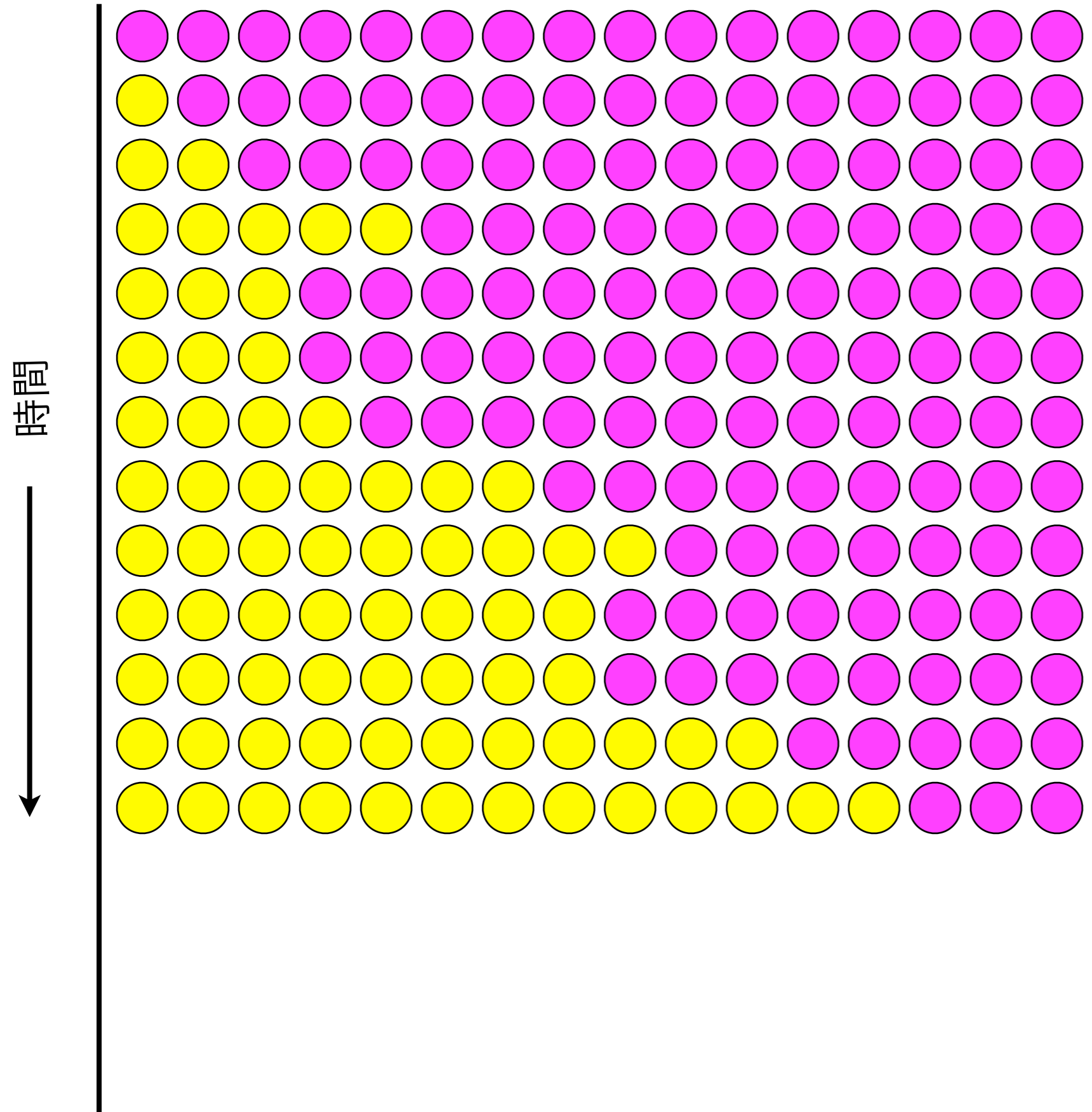


← 突然変異が生まれる



両者に適応度の差は無い

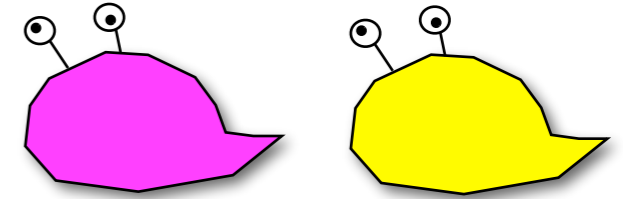
種の進化の原動力：突然変異とその結末



時間



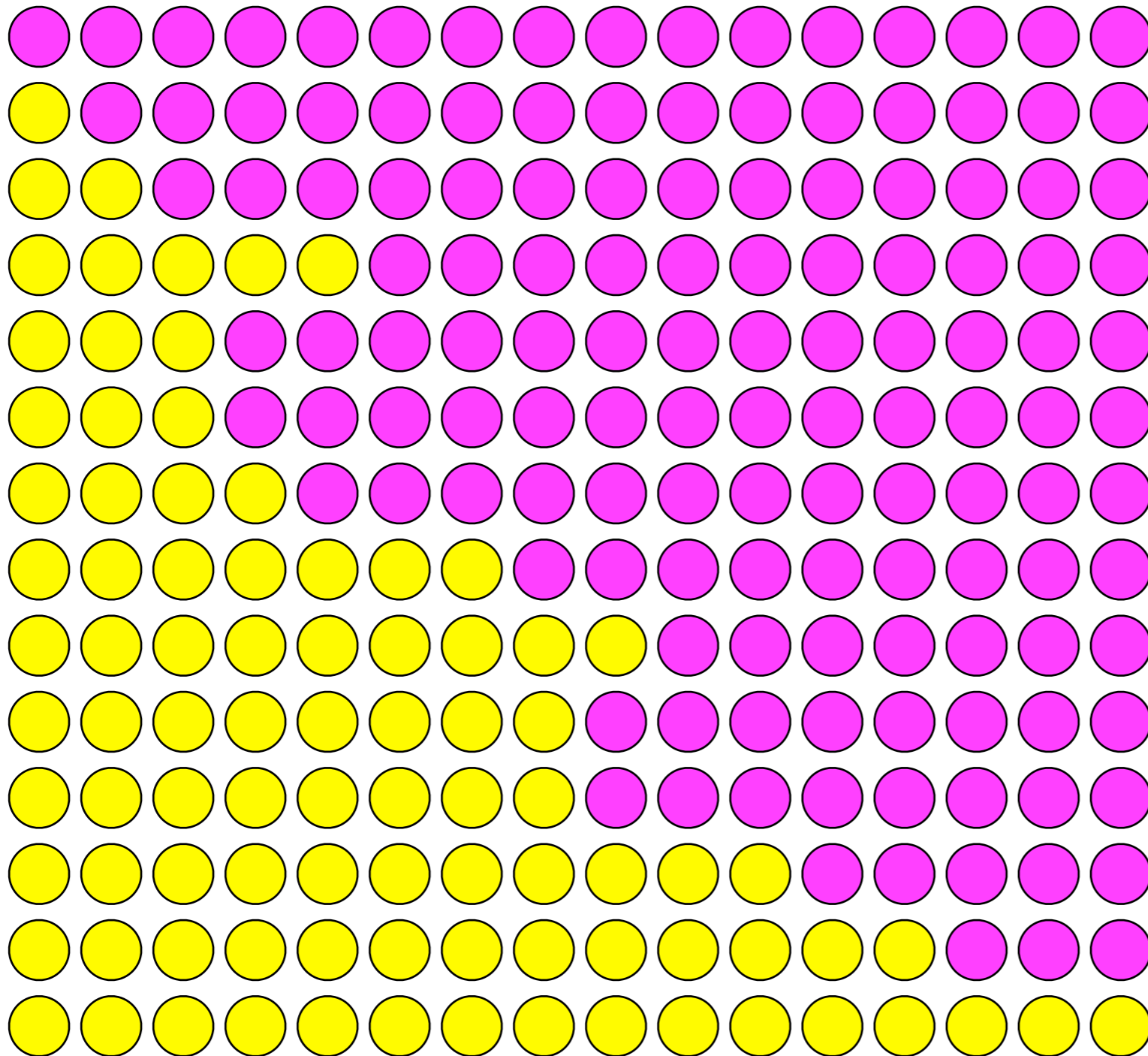
← 突然変異が生まれる



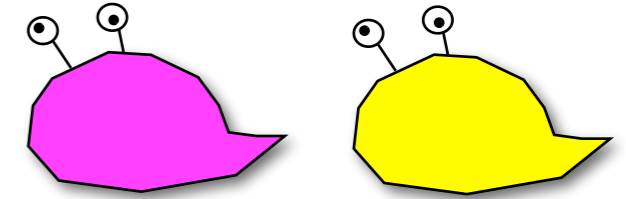
両者に適応度の差は無い

種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間

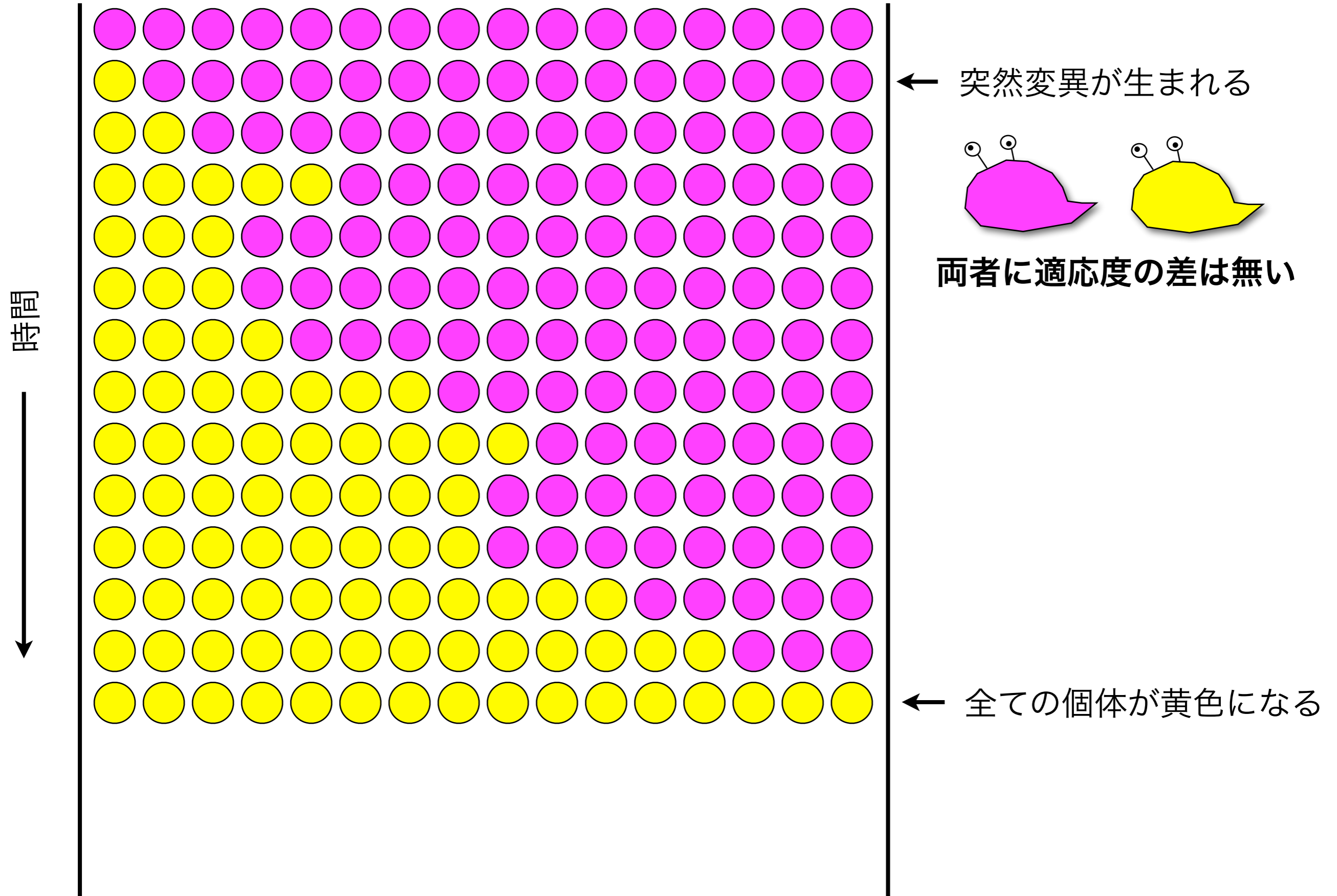


← 突然変異が生まれる



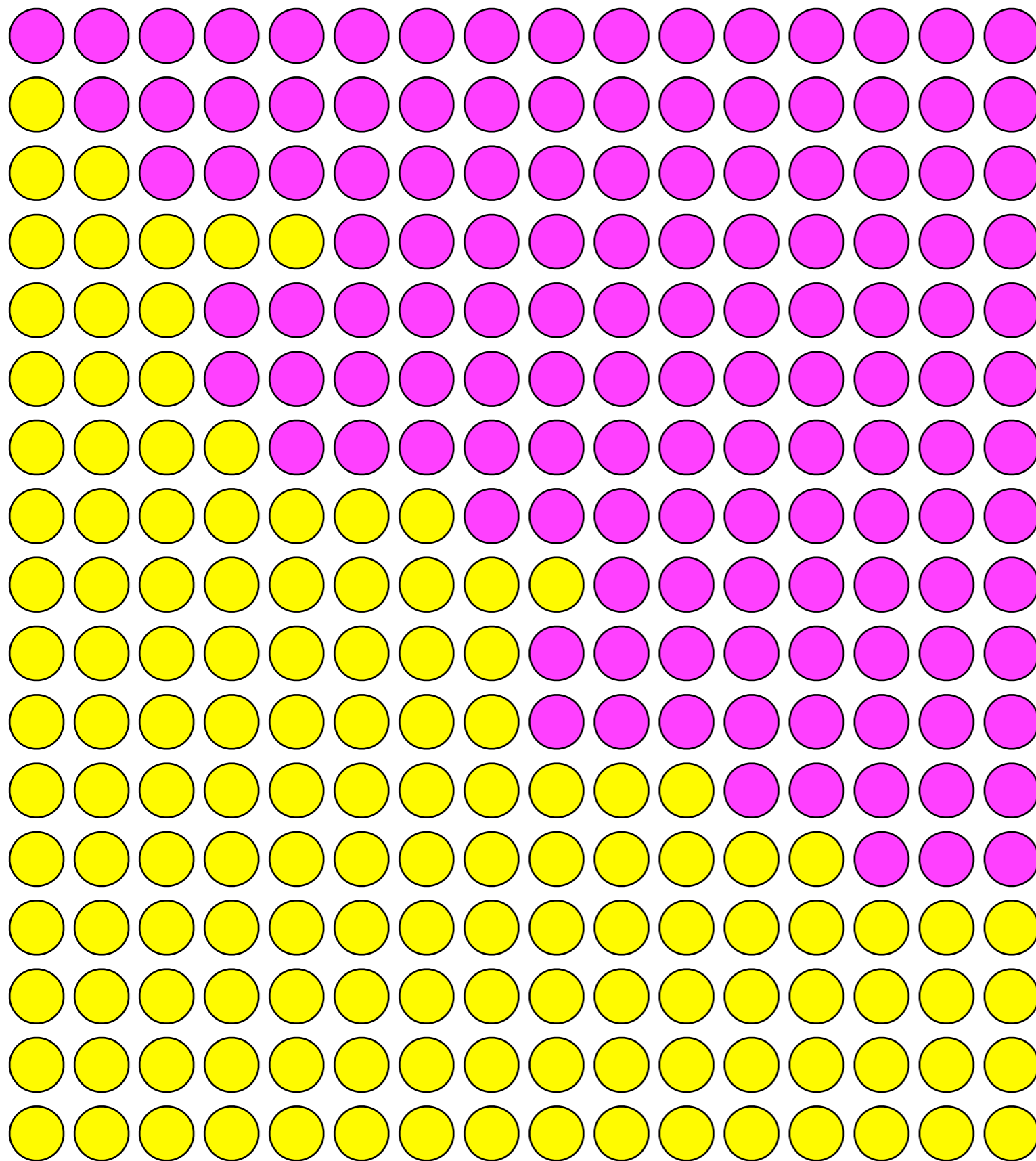
両者に適応度の差は無い

種の進化の原動力：突然変異とその結末

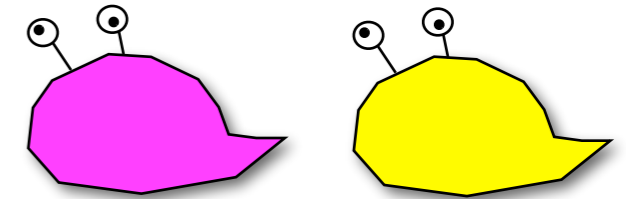


種の進化の原動力：突然変異とその結末

時間



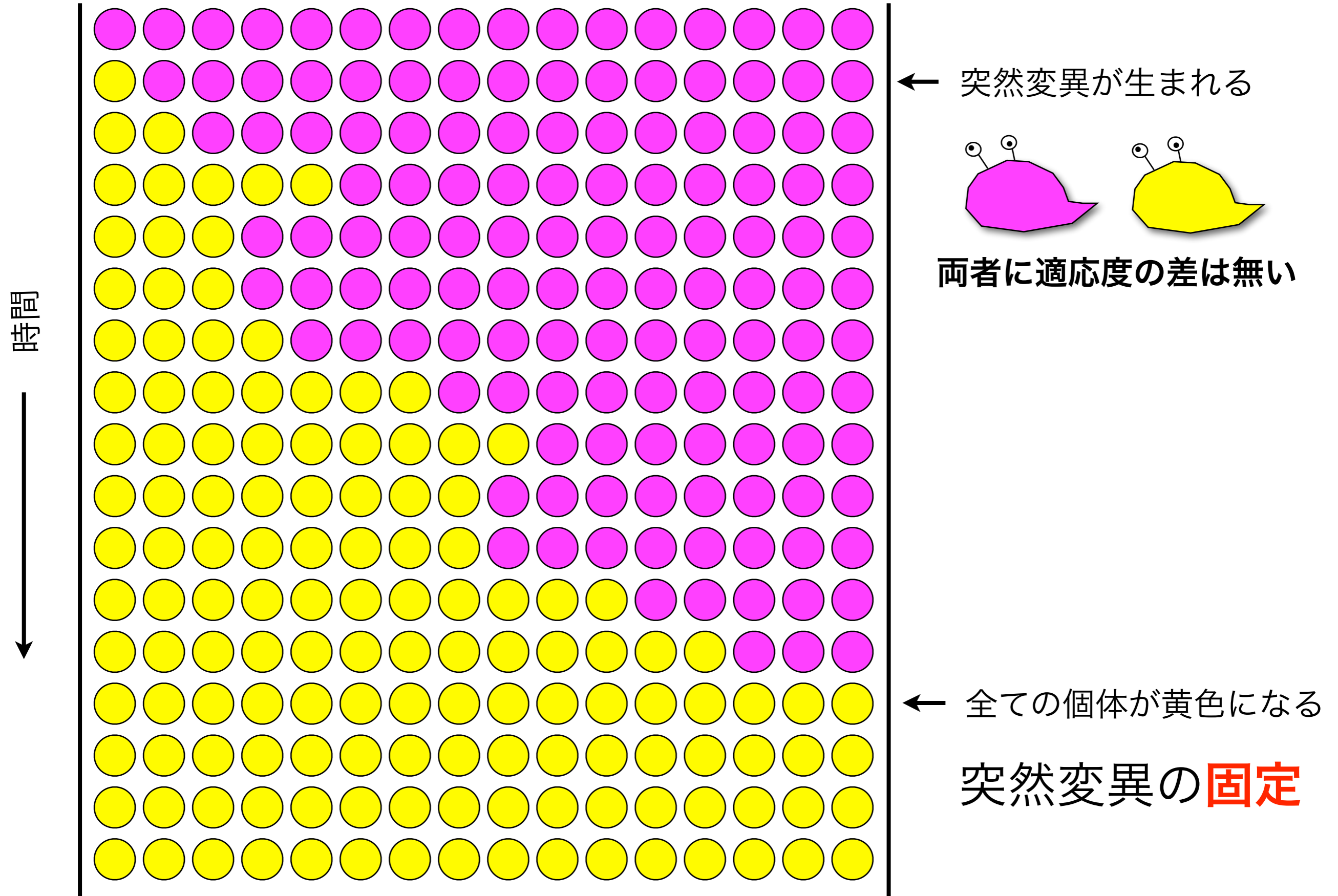
← 突然変異が生まれる



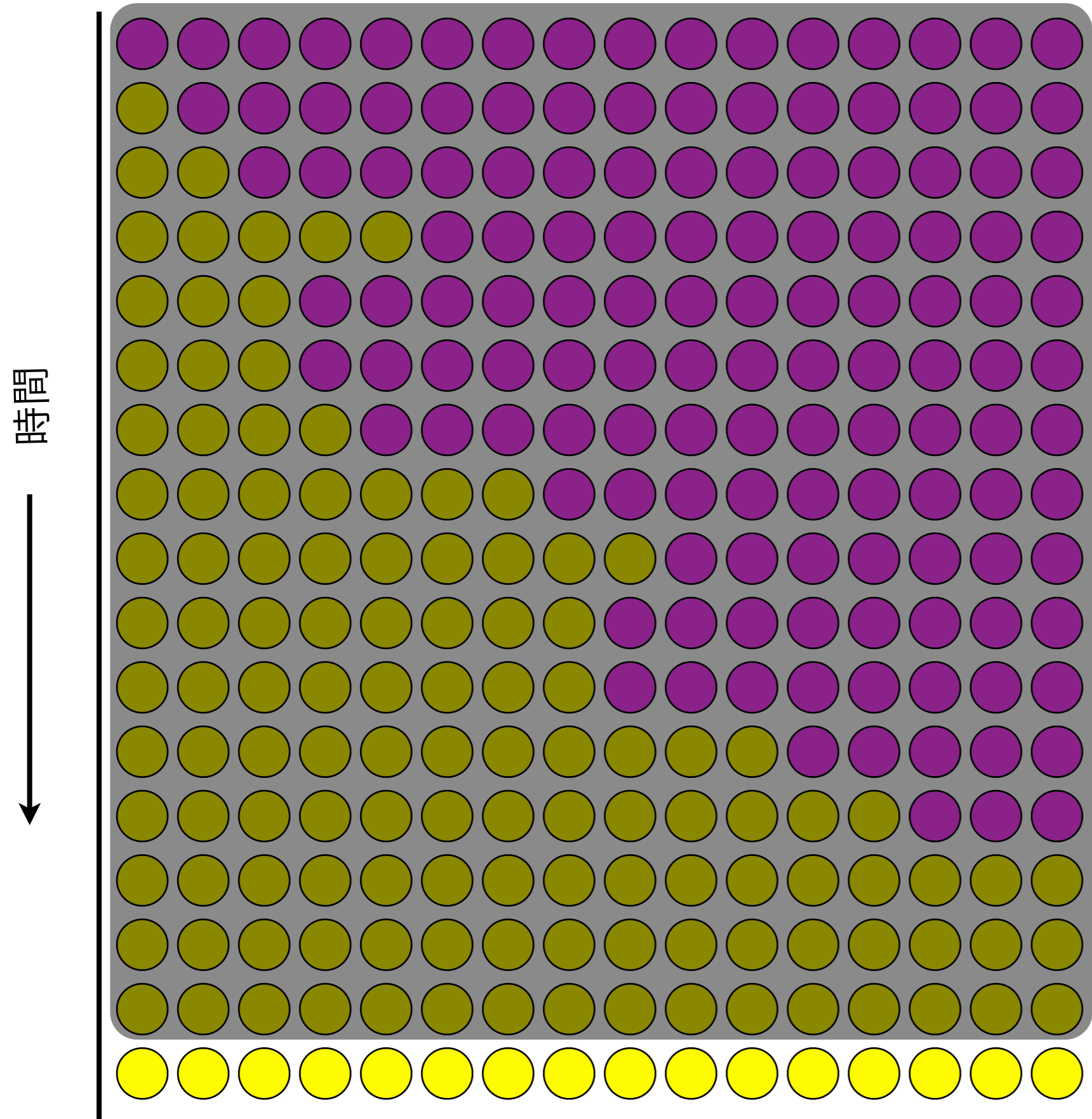
両者に適応度の差は無い

← 全ての個体が黄色になる

種の進化の原動力：突然変異とその結末

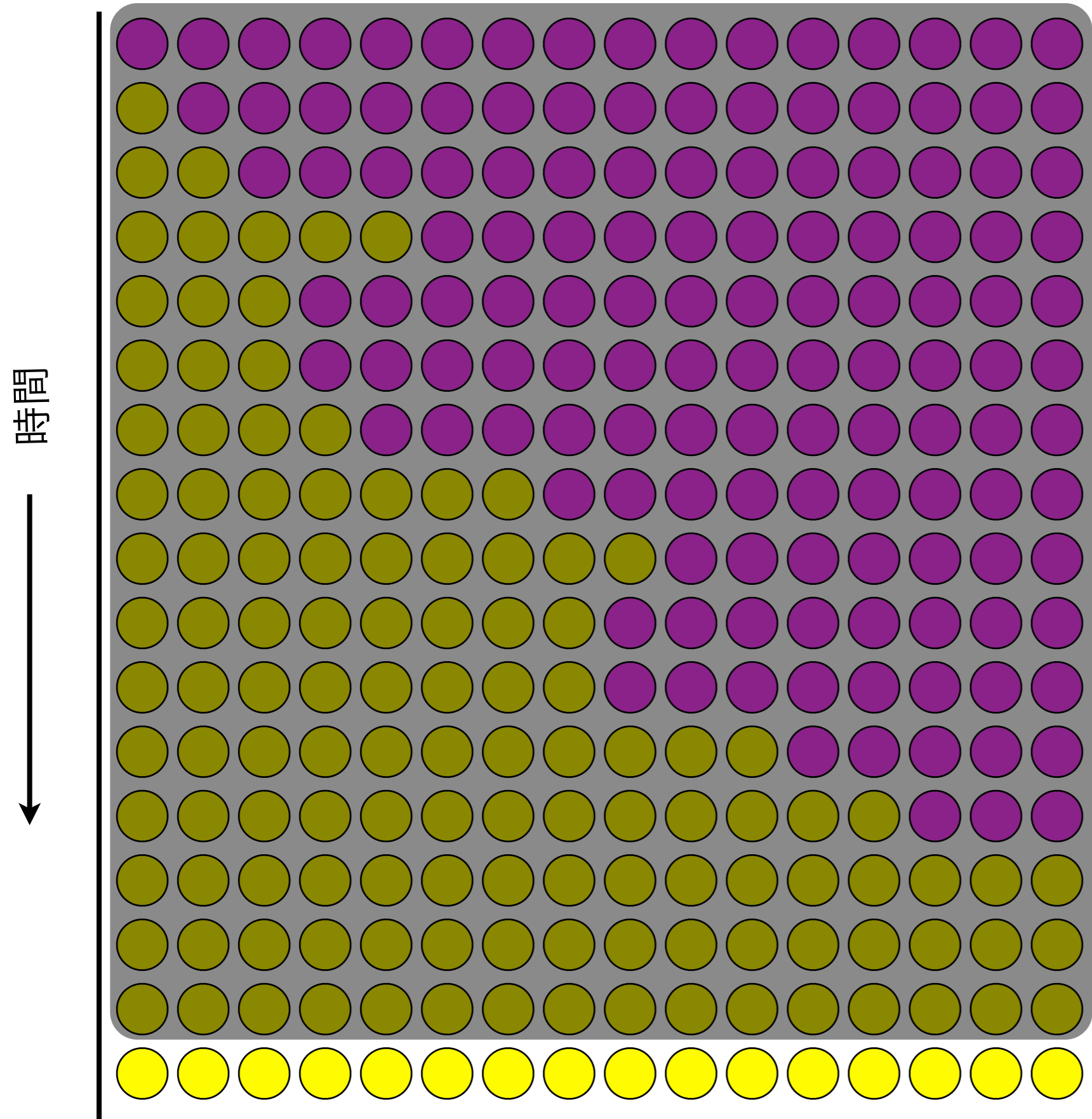


種の進化と遺伝的多様性



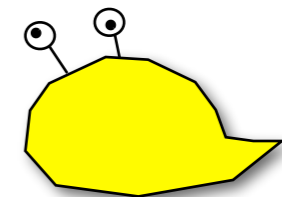
過去は観察できない

種の進化と遺伝的多様性

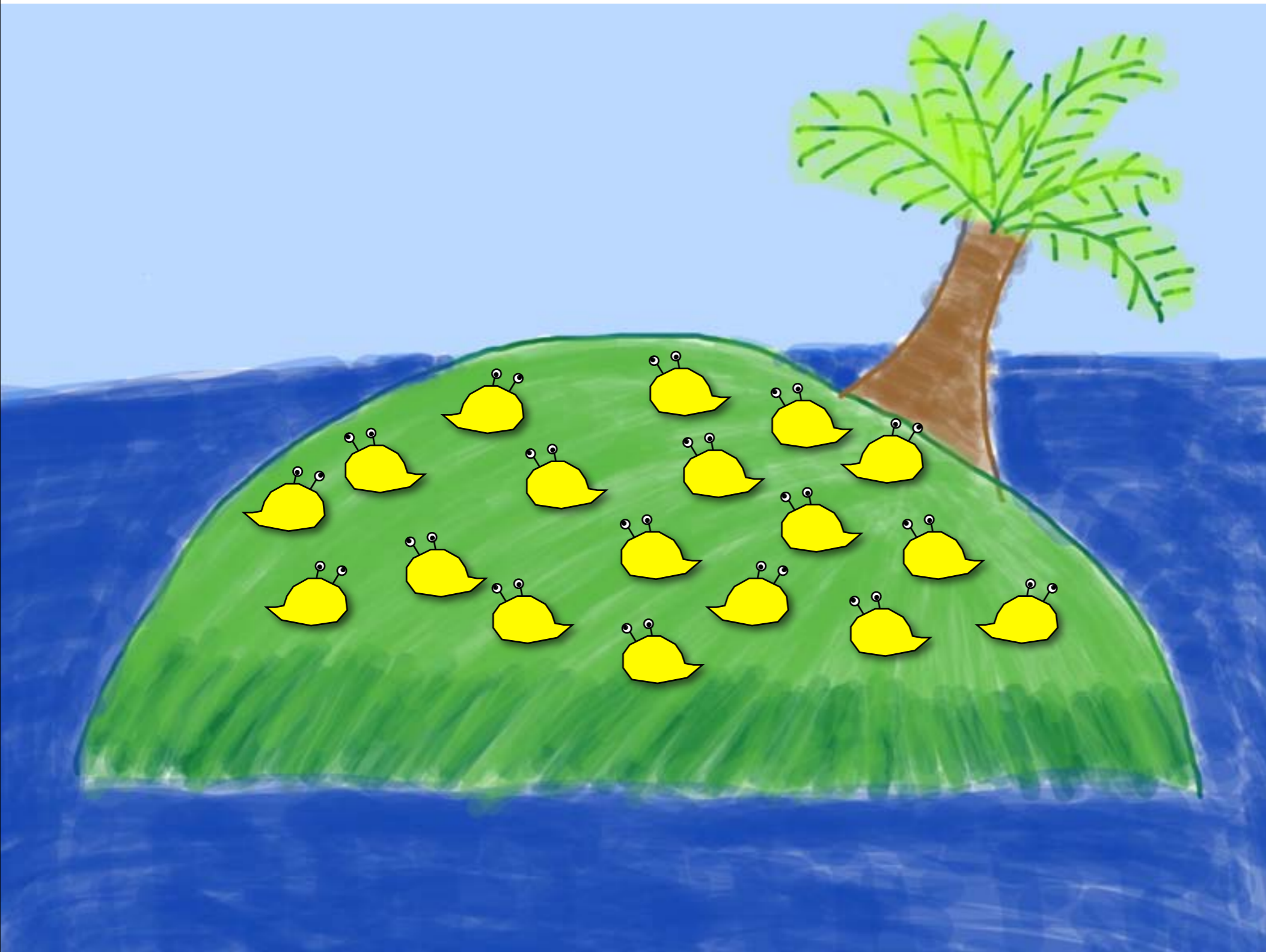


過去は観察できない

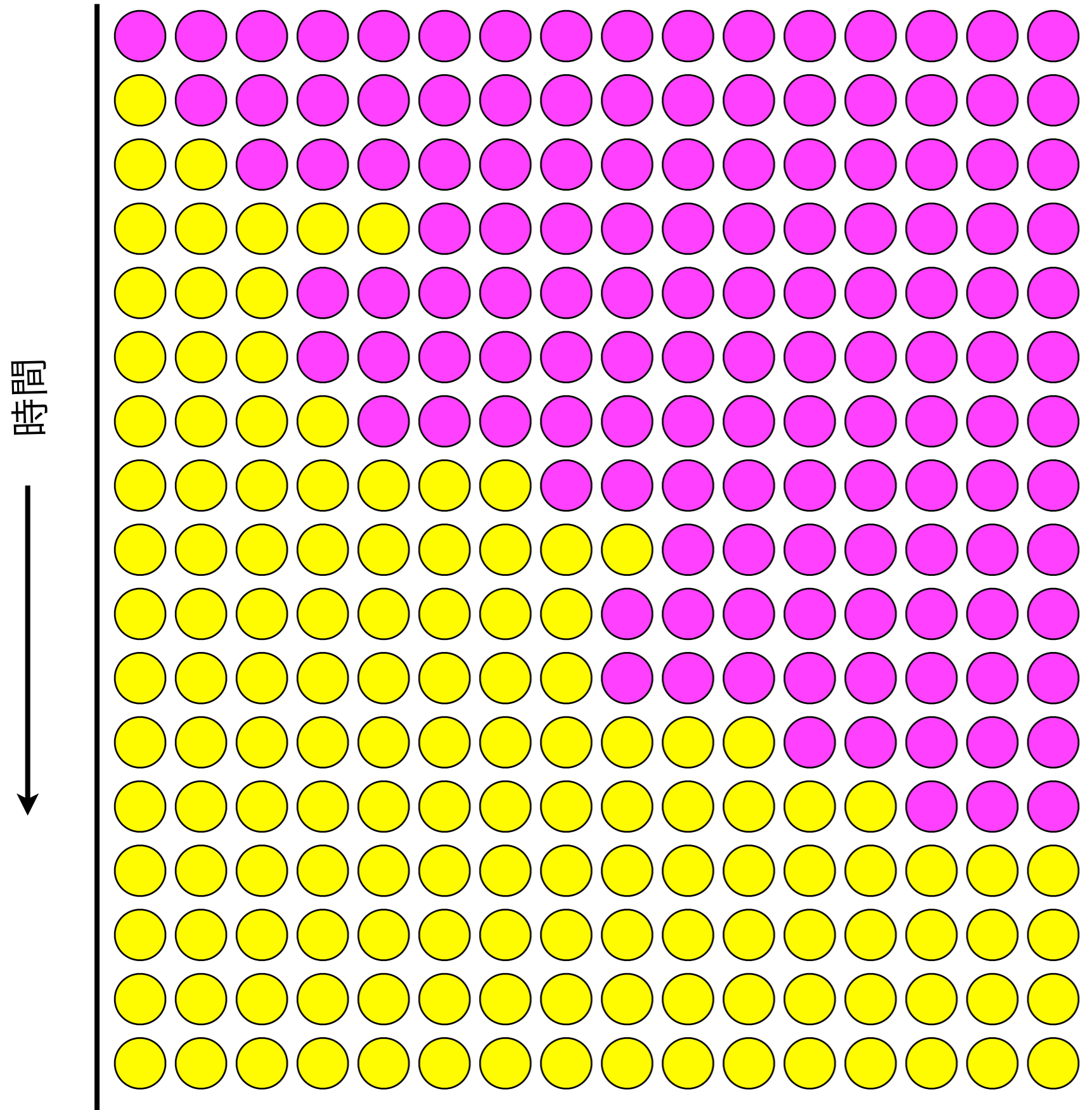
この種は黄色である



種の進化と遺伝的多様性

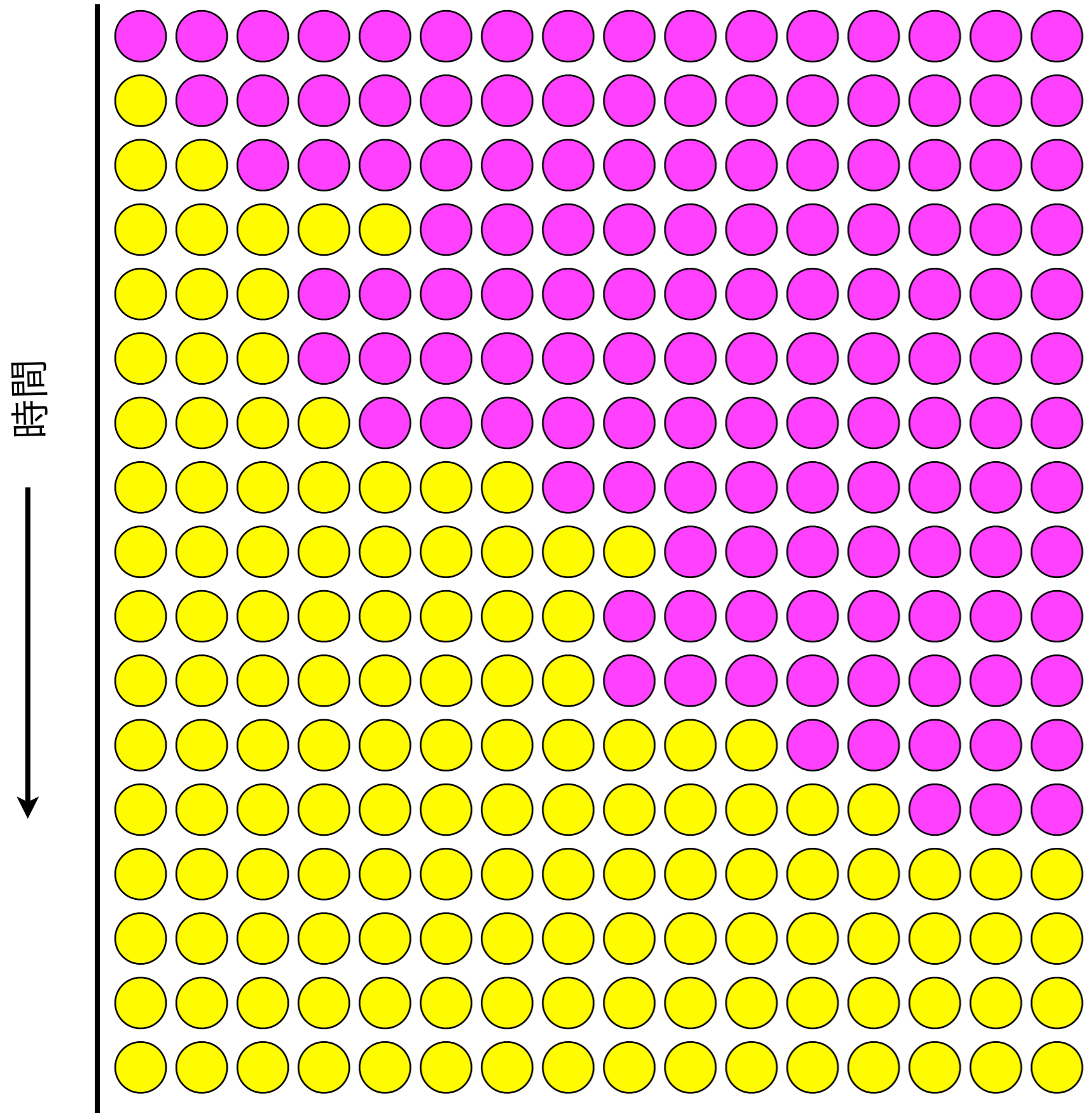


種の進化と遺伝的多様性



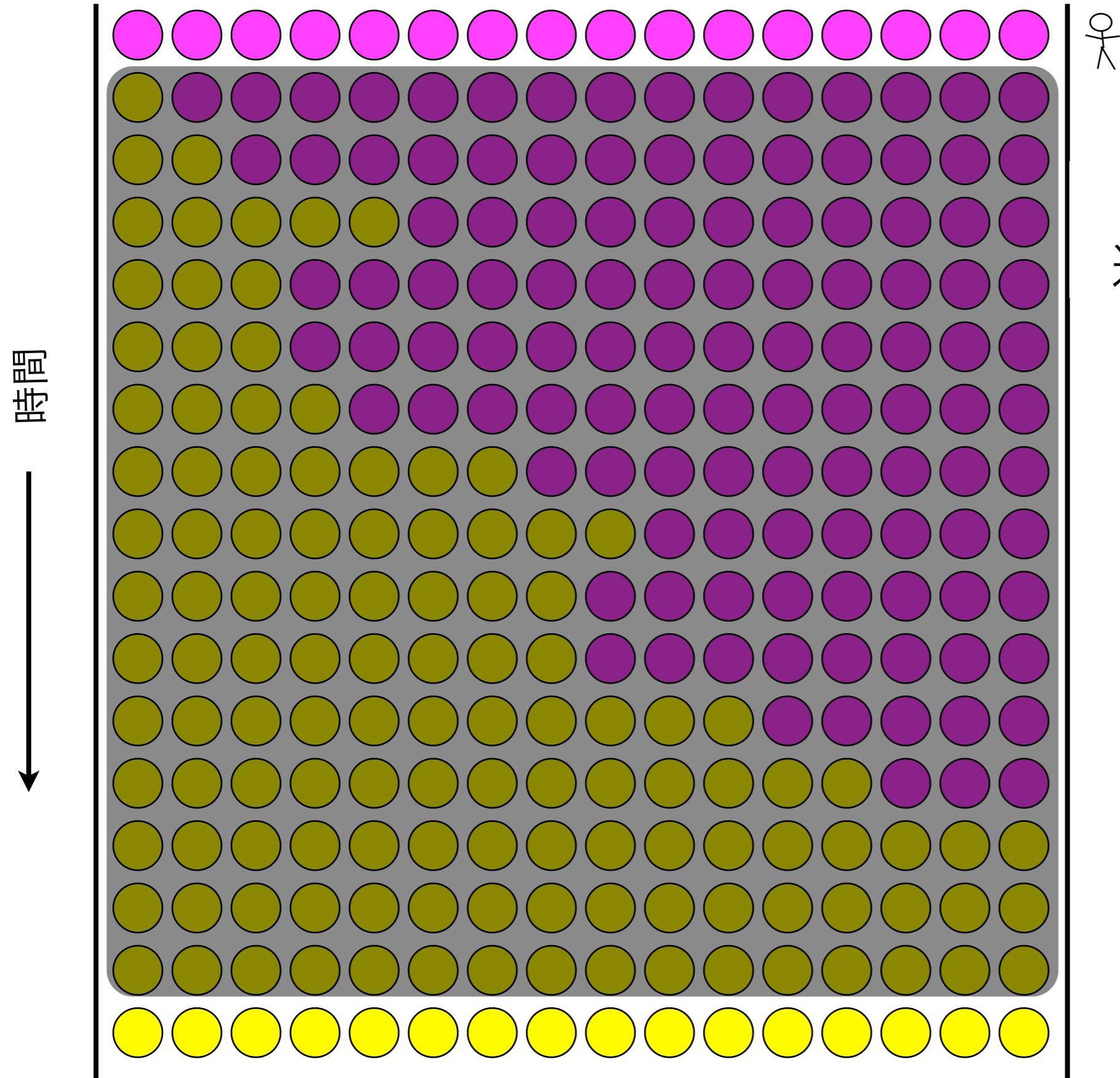
もしタイムマシーンで
過去に行けたら。。。。

種の進化と遺伝的多様性

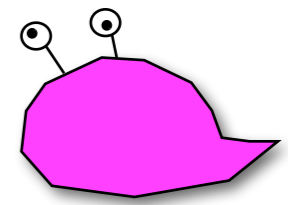
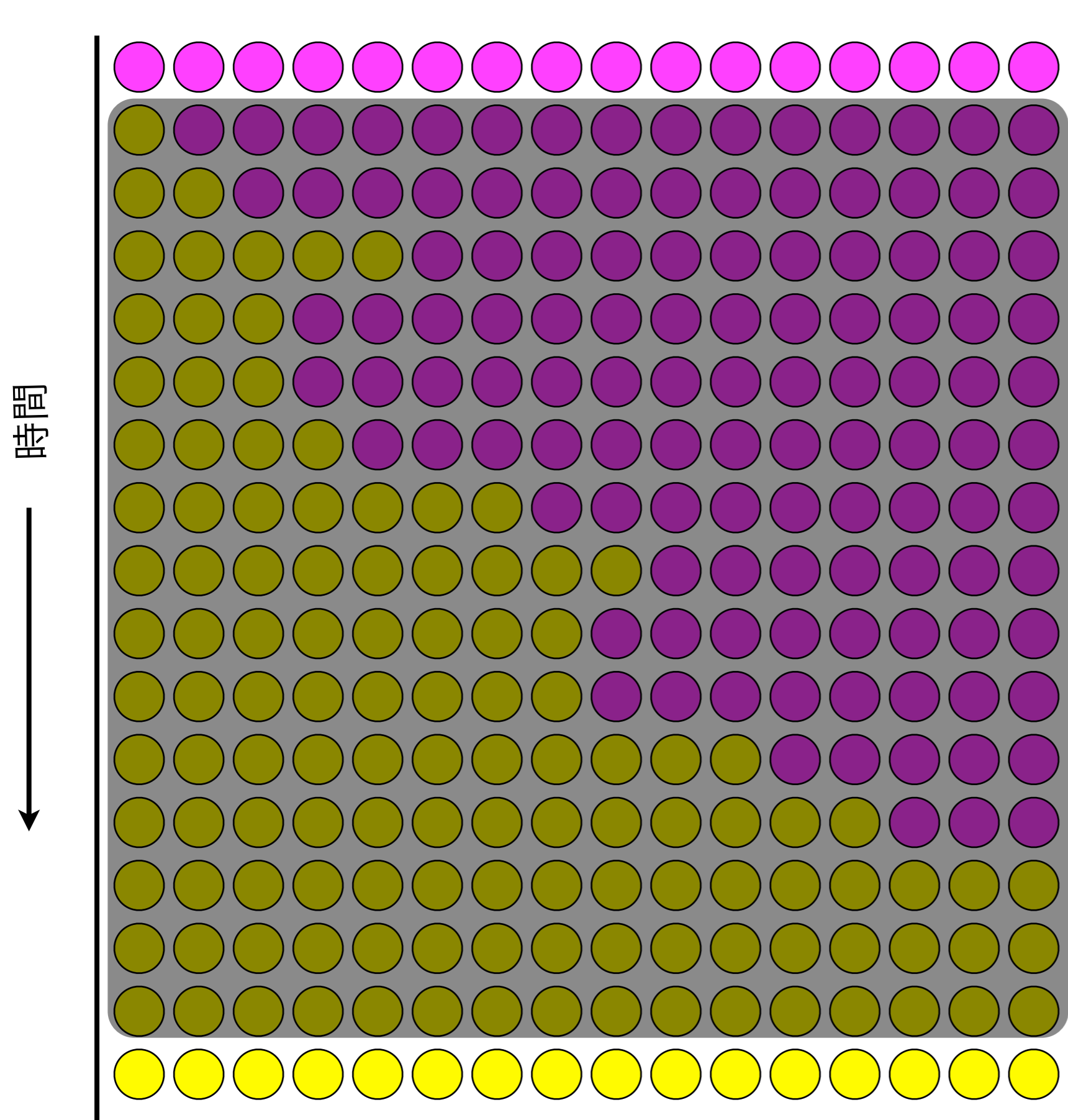


もしタイムマシーンで
過去に行けたら。。。。

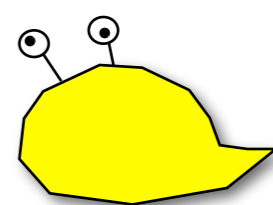
種の進化と遺伝的多様性



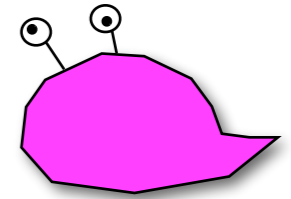
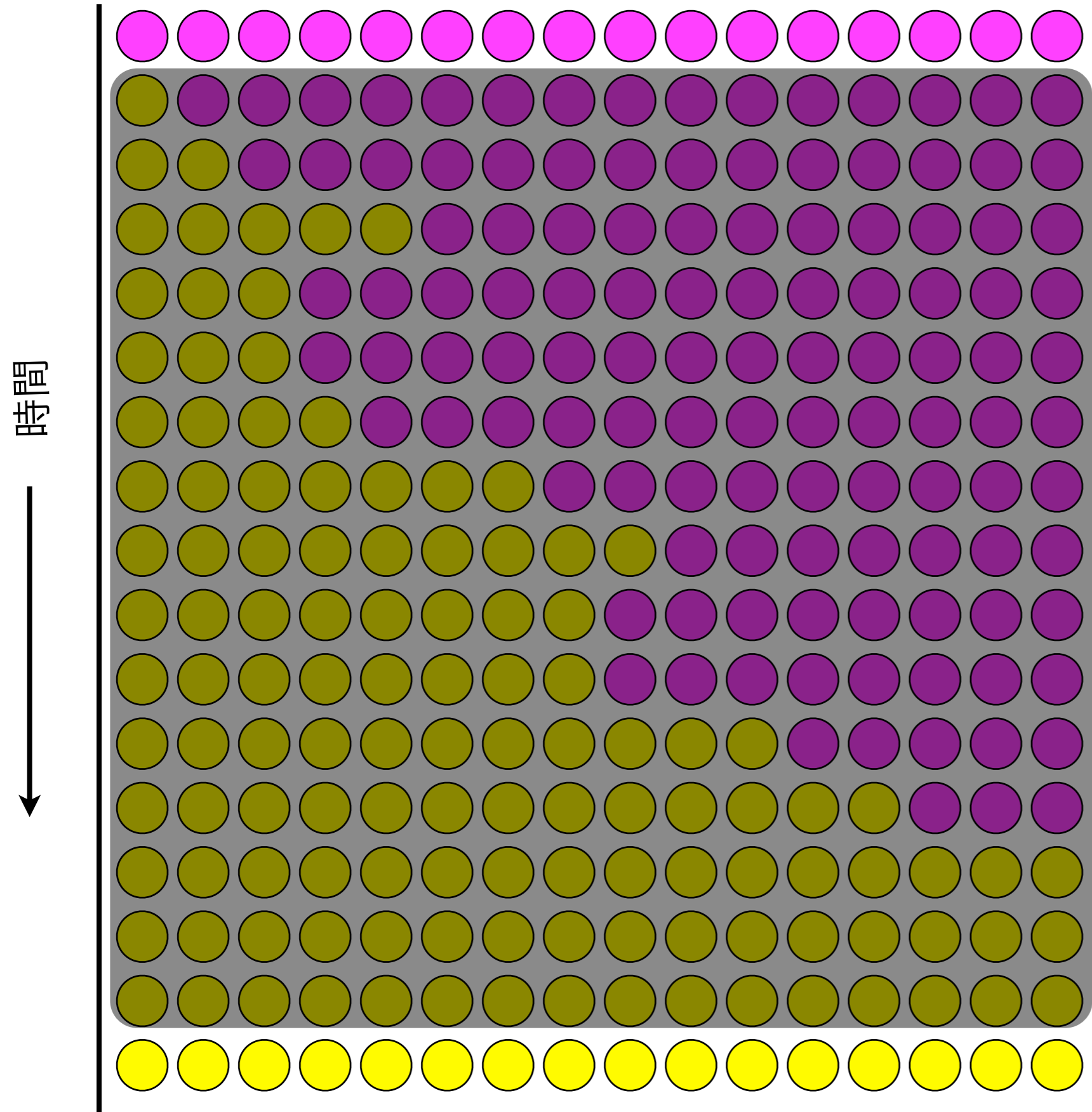
種の進化と遺伝的多様性



もしタイムマシーンで
過去に行けたら。。。。

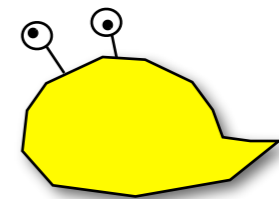


種の進化と遺伝的多様性

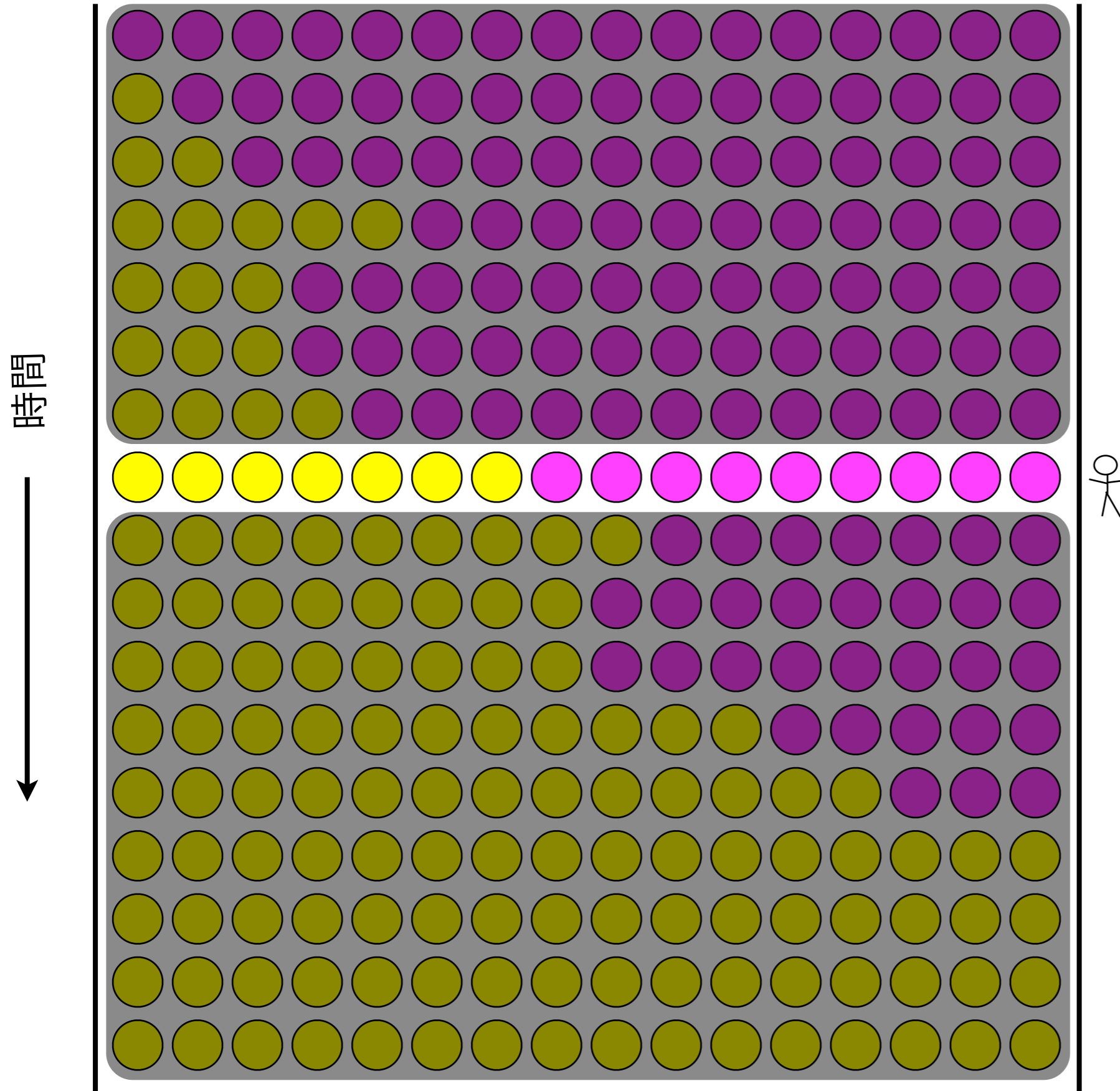


もしタイムマシーンで
過去に行けたら。。。。

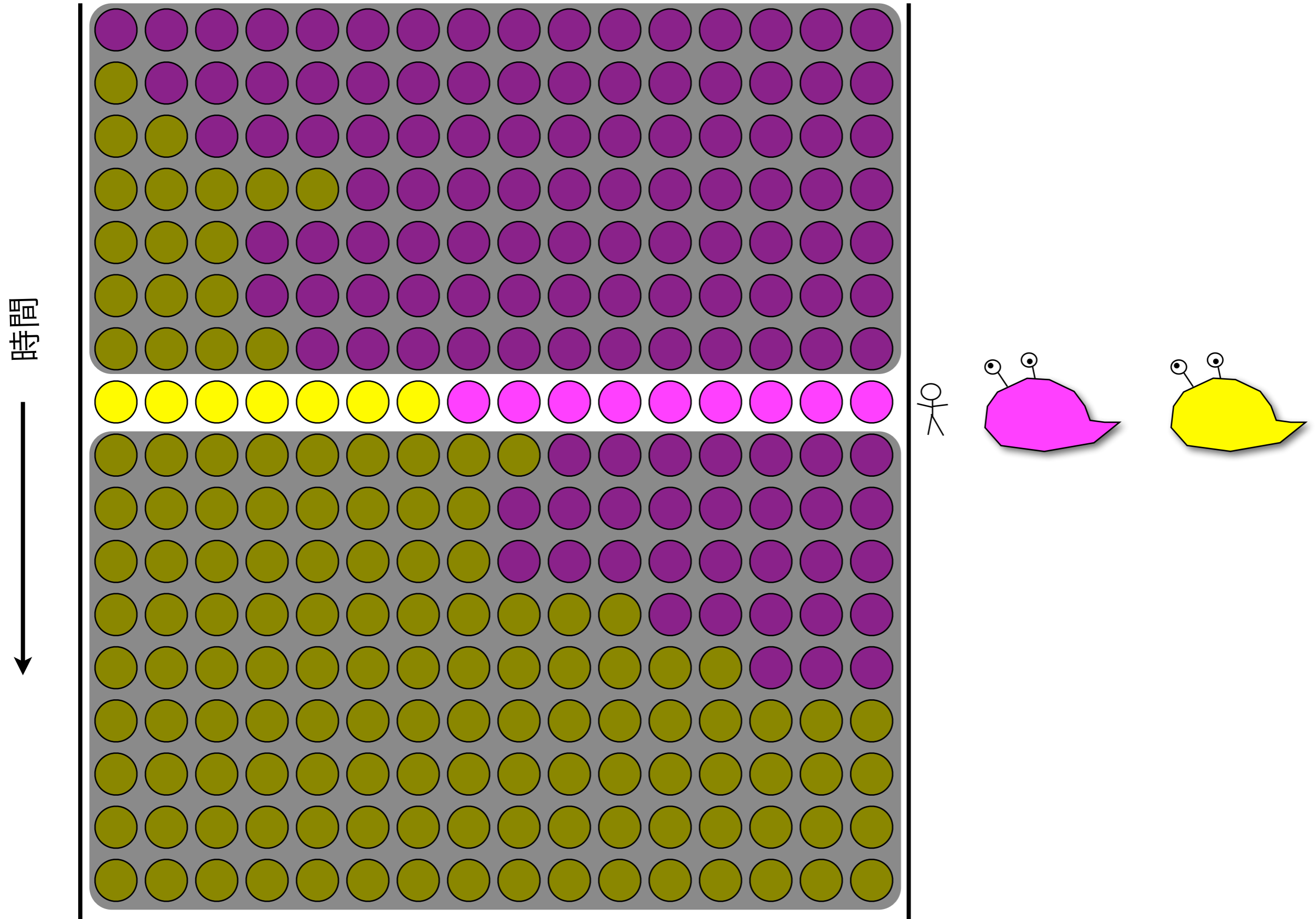
この種はピンクから
黄色に進化してきた



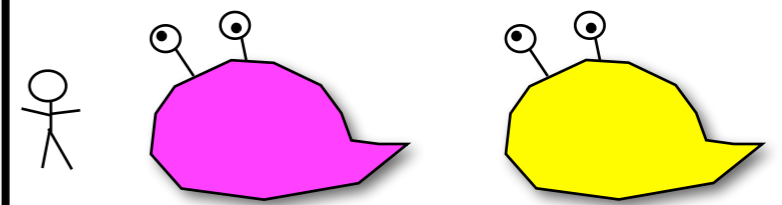
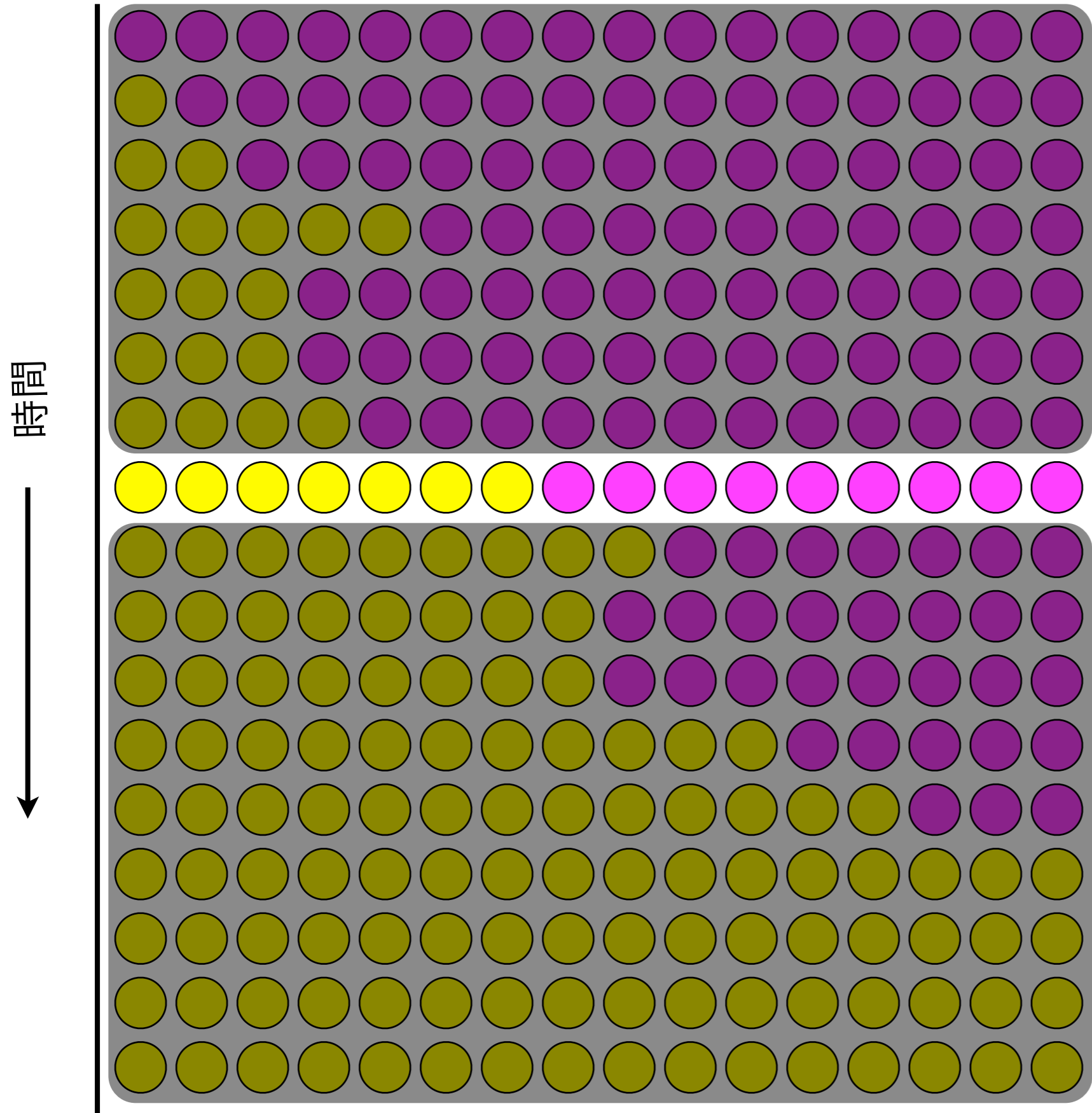
種の進化と遺伝的多様性



種の進化と遺伝的多様性

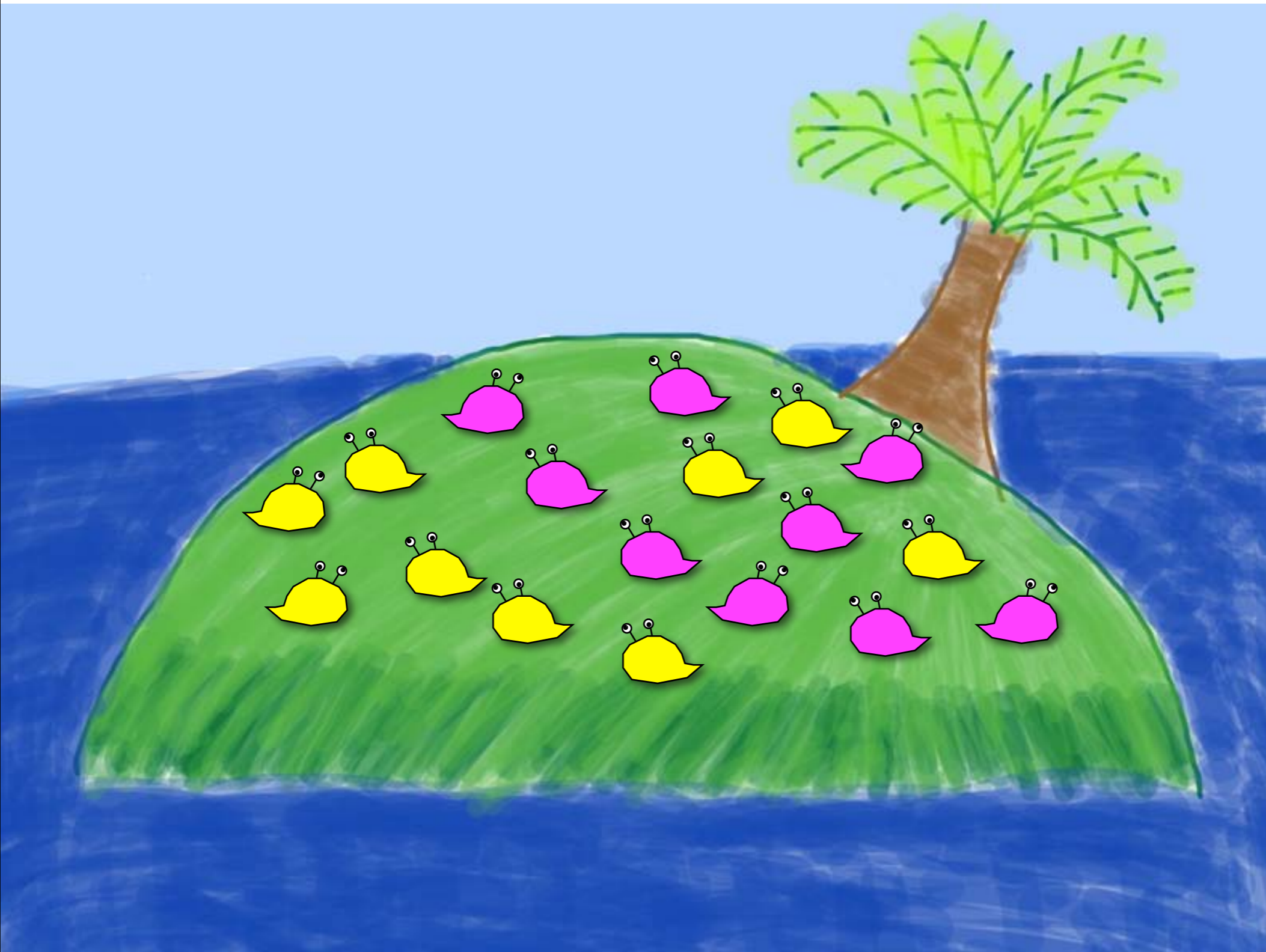


種の進化と遺伝的多様性



この種はピンクと黄色の遺伝的多様性を示す

種の進化と遺伝的多様性



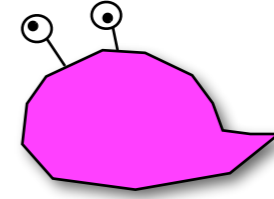
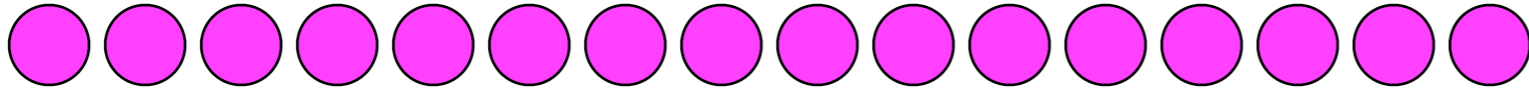
種の進化と遺伝的多様性



個体間に見られる
差異は進化の
途中経過

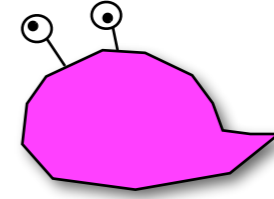
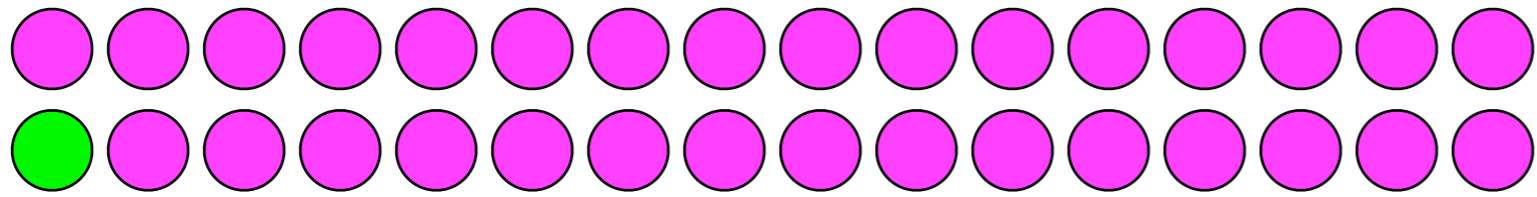
種の進化の原動力：自然選択

時間



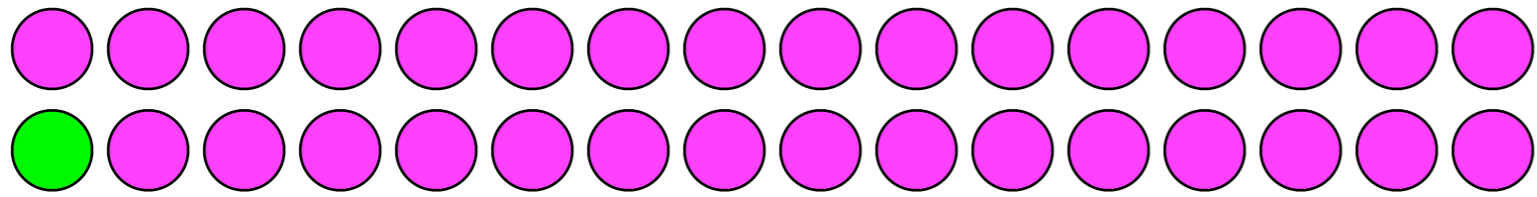
種の進化の原動力：自然選択

時間

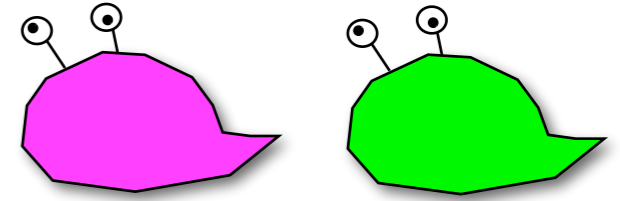


種の進化の原動力：自然選択

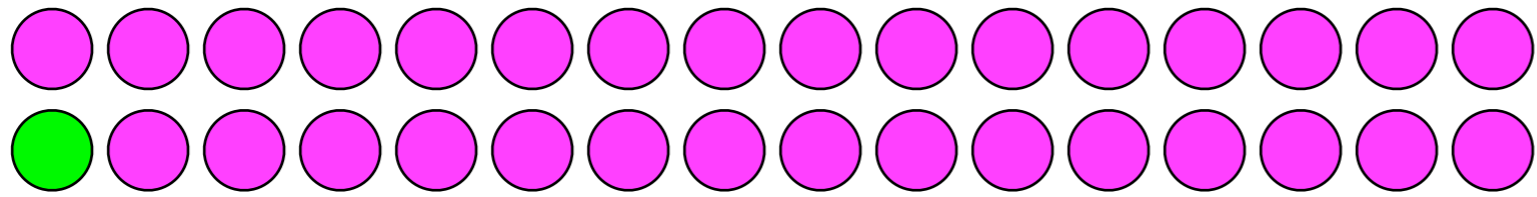
時間



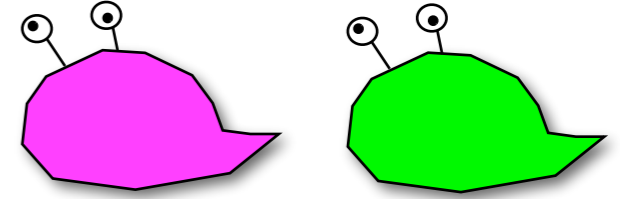
← 突然変異が生まれる



種の進化の原動力：自然選択



← 突然変異が生まれる



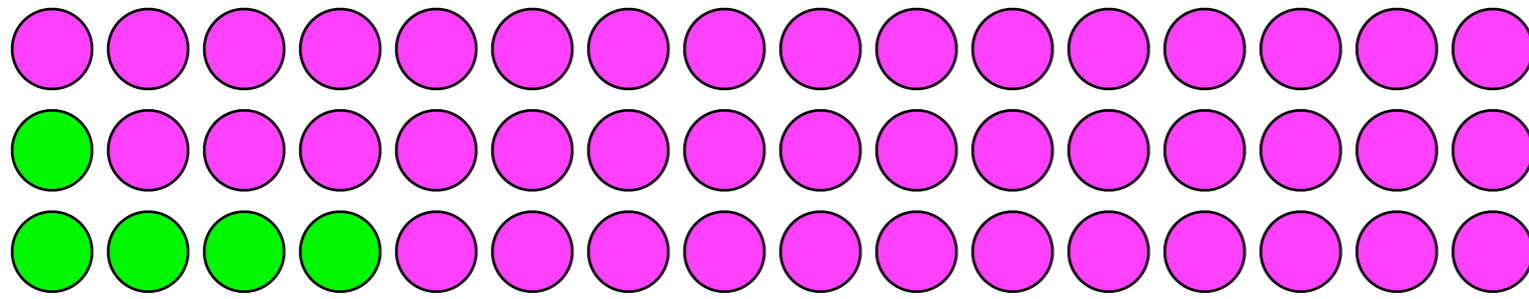
緑の個体の適応度が高い

時間

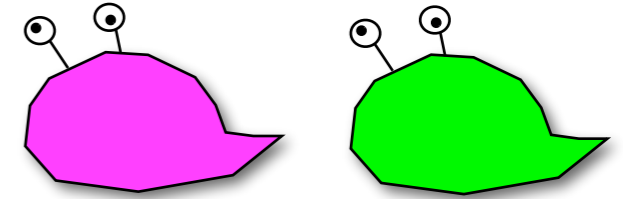


種の進化の原動力：自然選択

時間



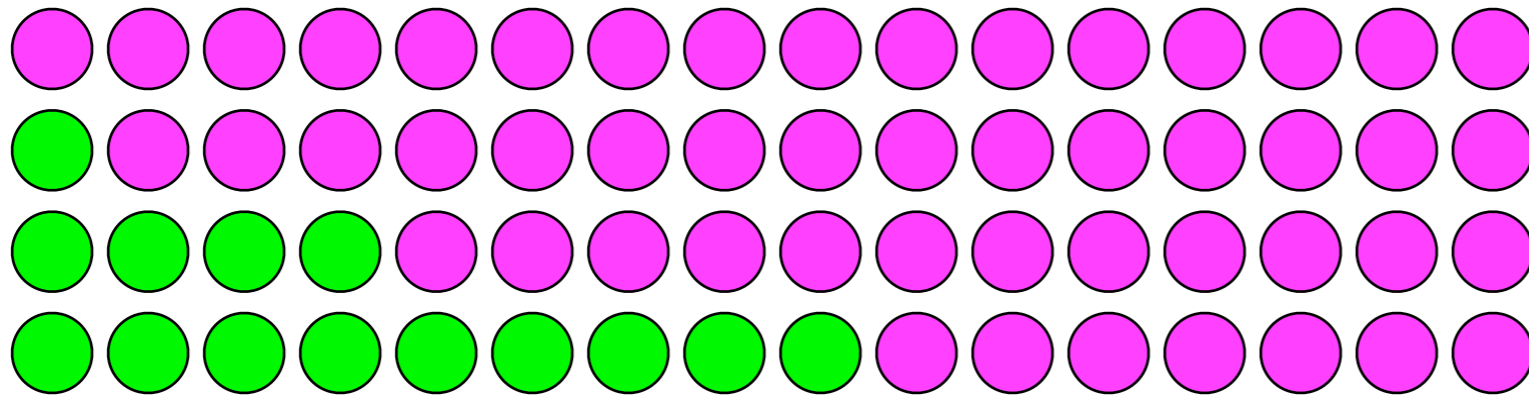
← 突然変異が生まれる



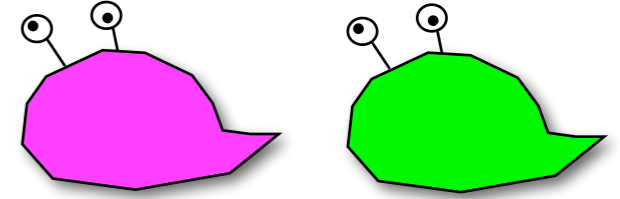
緑の個体の適応度が高い

種の進化の原動力：自然選択

時間



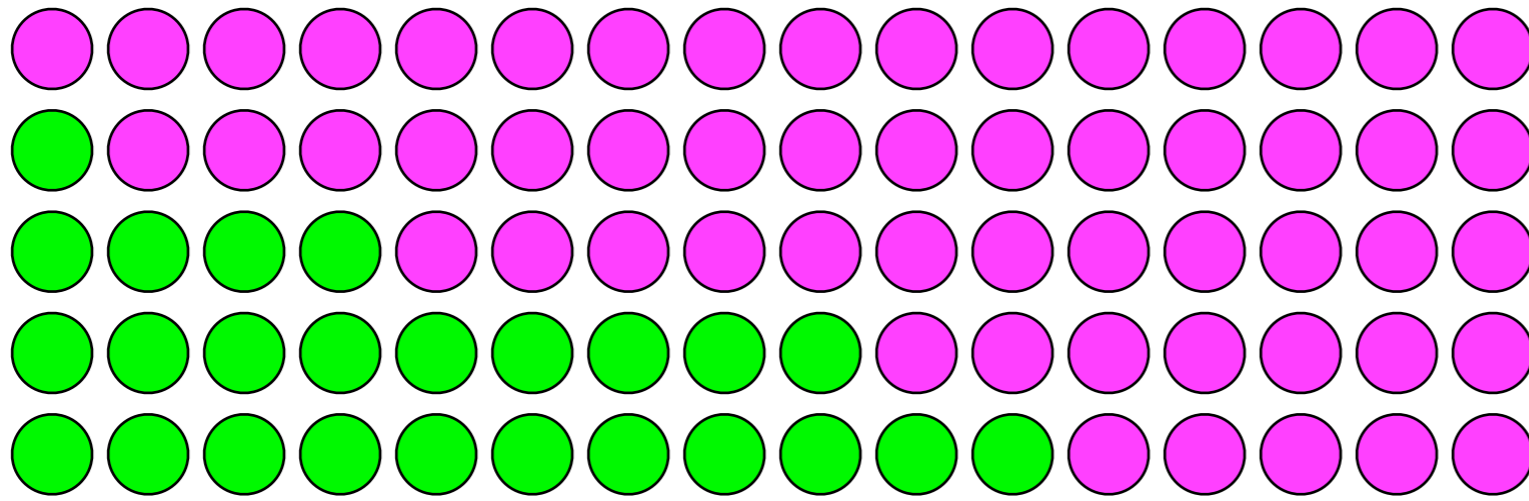
← 突然変異が生まれる



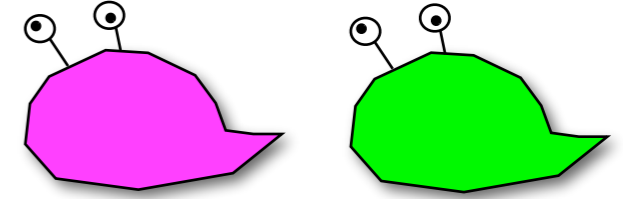
緑の個体の適応度が高い

種の進化の原動力：自然選択

時間



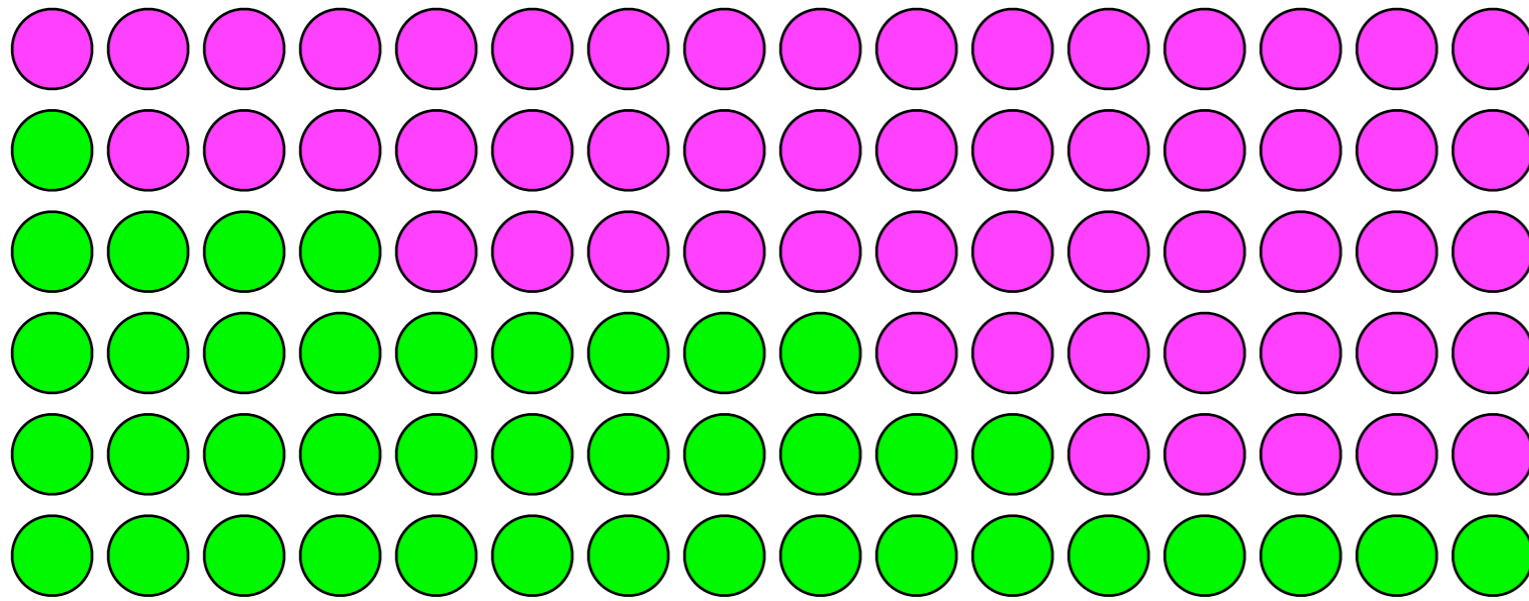
← 突然変異が生まれる



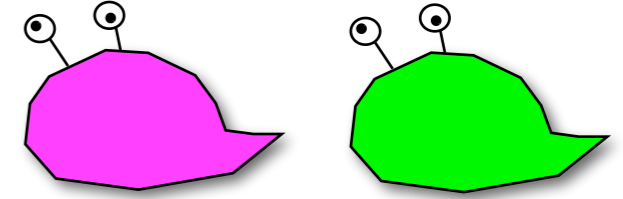
緑の個体の適応度が高い

種の進化の原動力：自然選択

時間

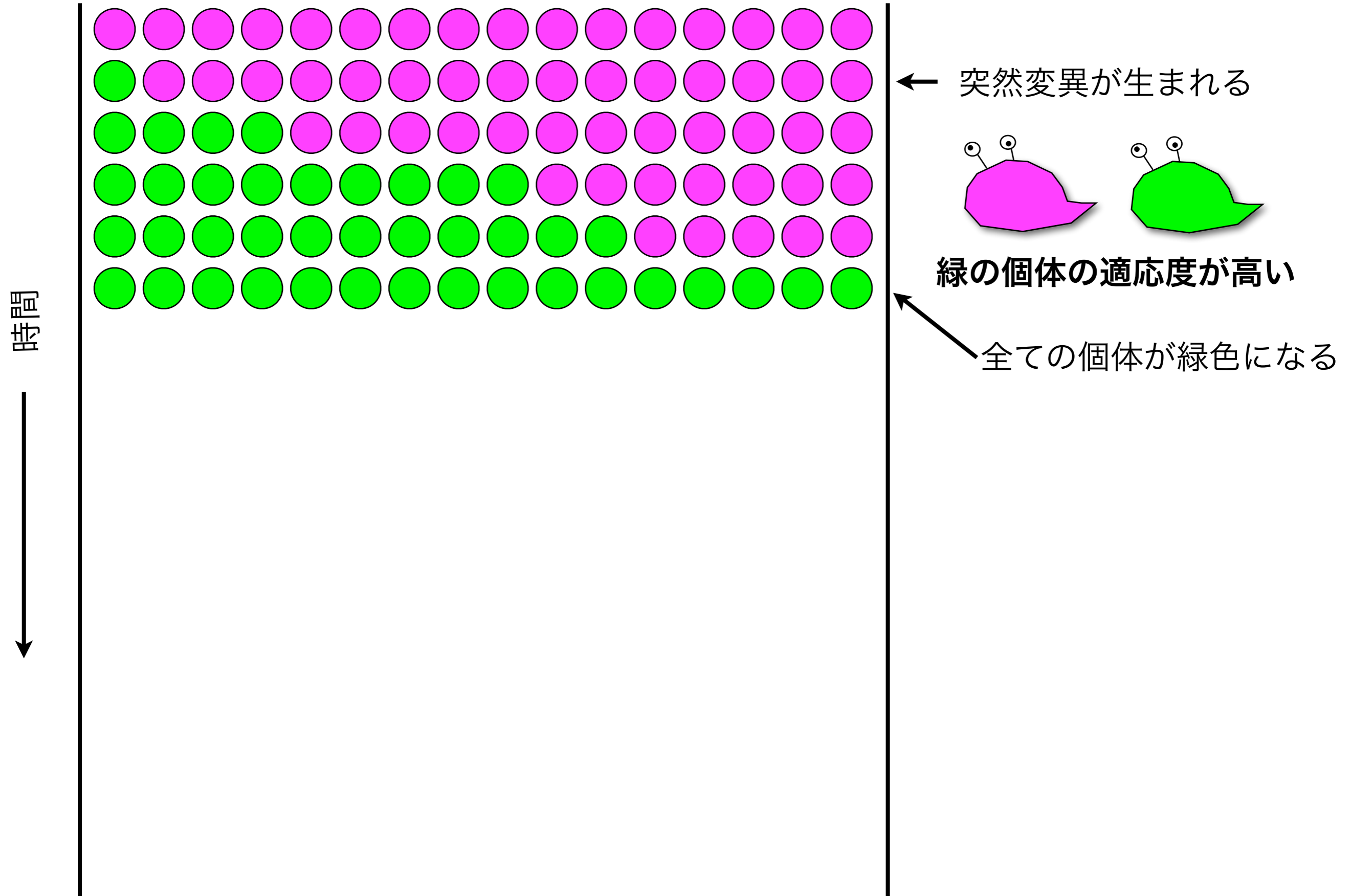


← 突然変異が生まれる

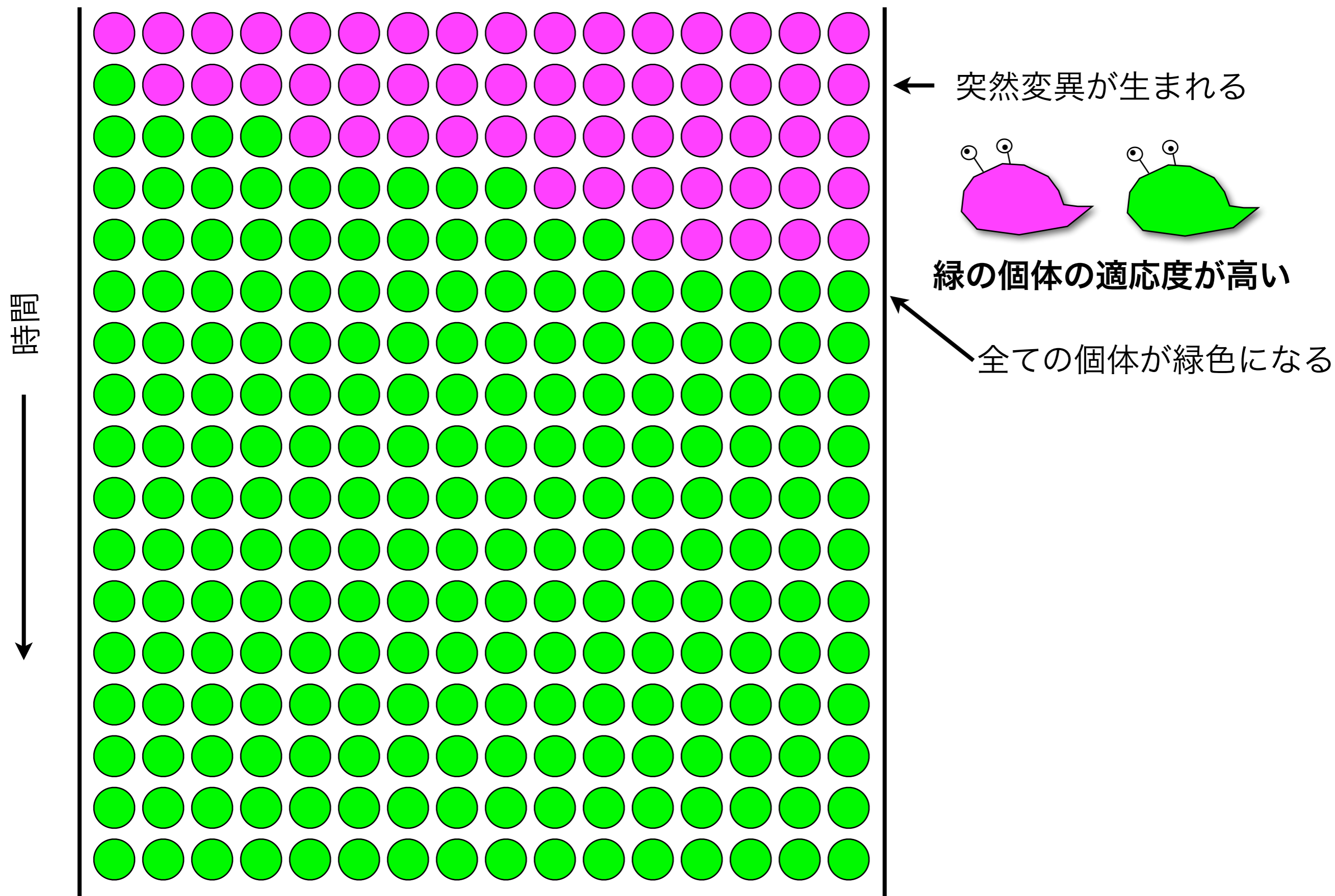


緑の個体の適応度が高い

種の進化の原動力：自然選択

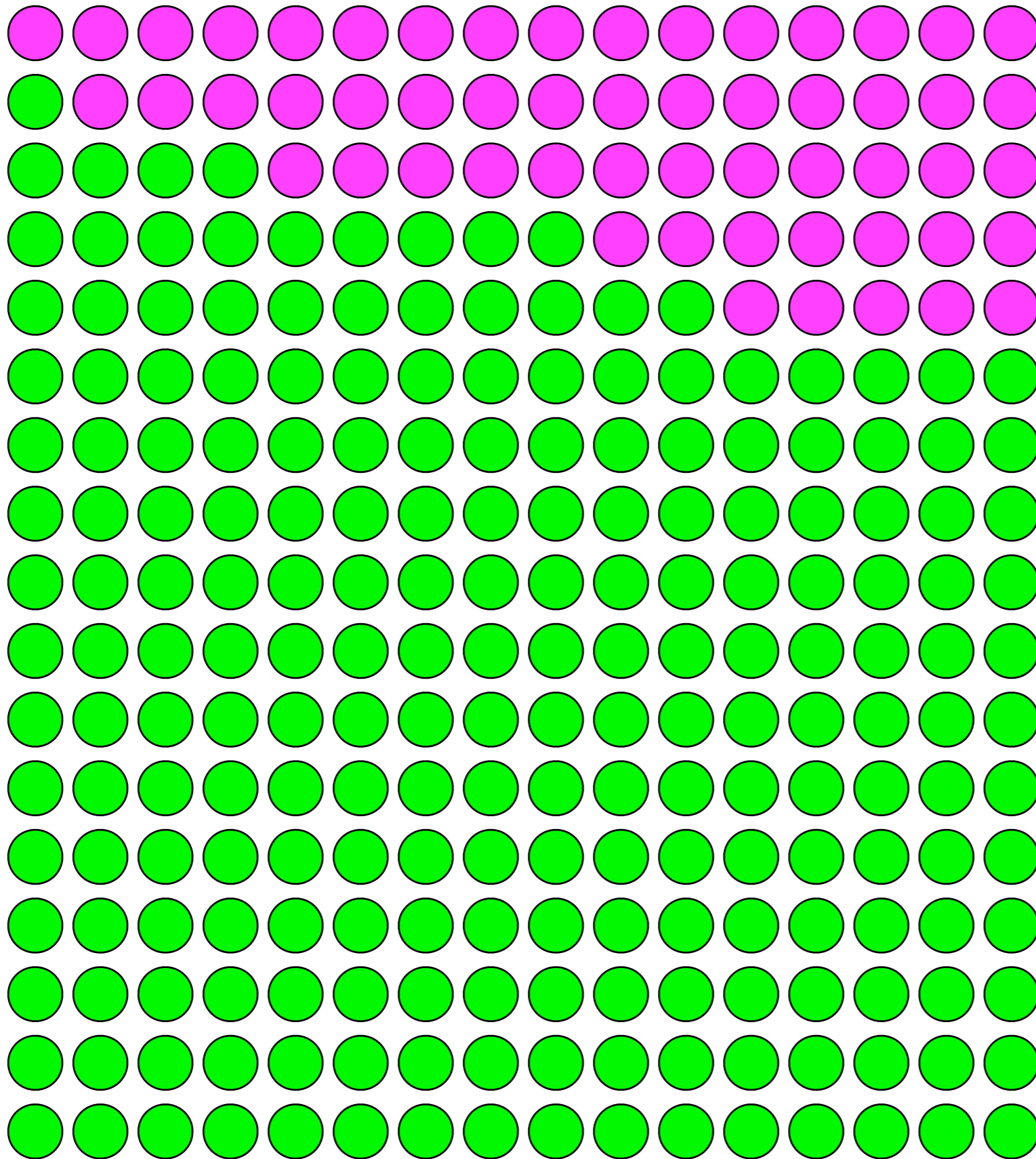


種の進化の原動力：自然選択

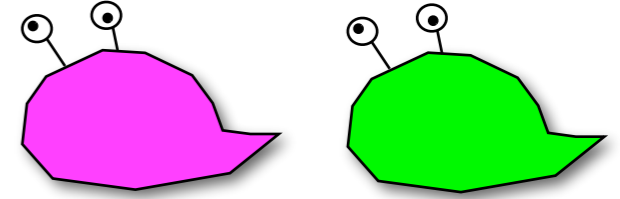


種の進化の原動力：自然選択

時間



← 突然変異が生まれる



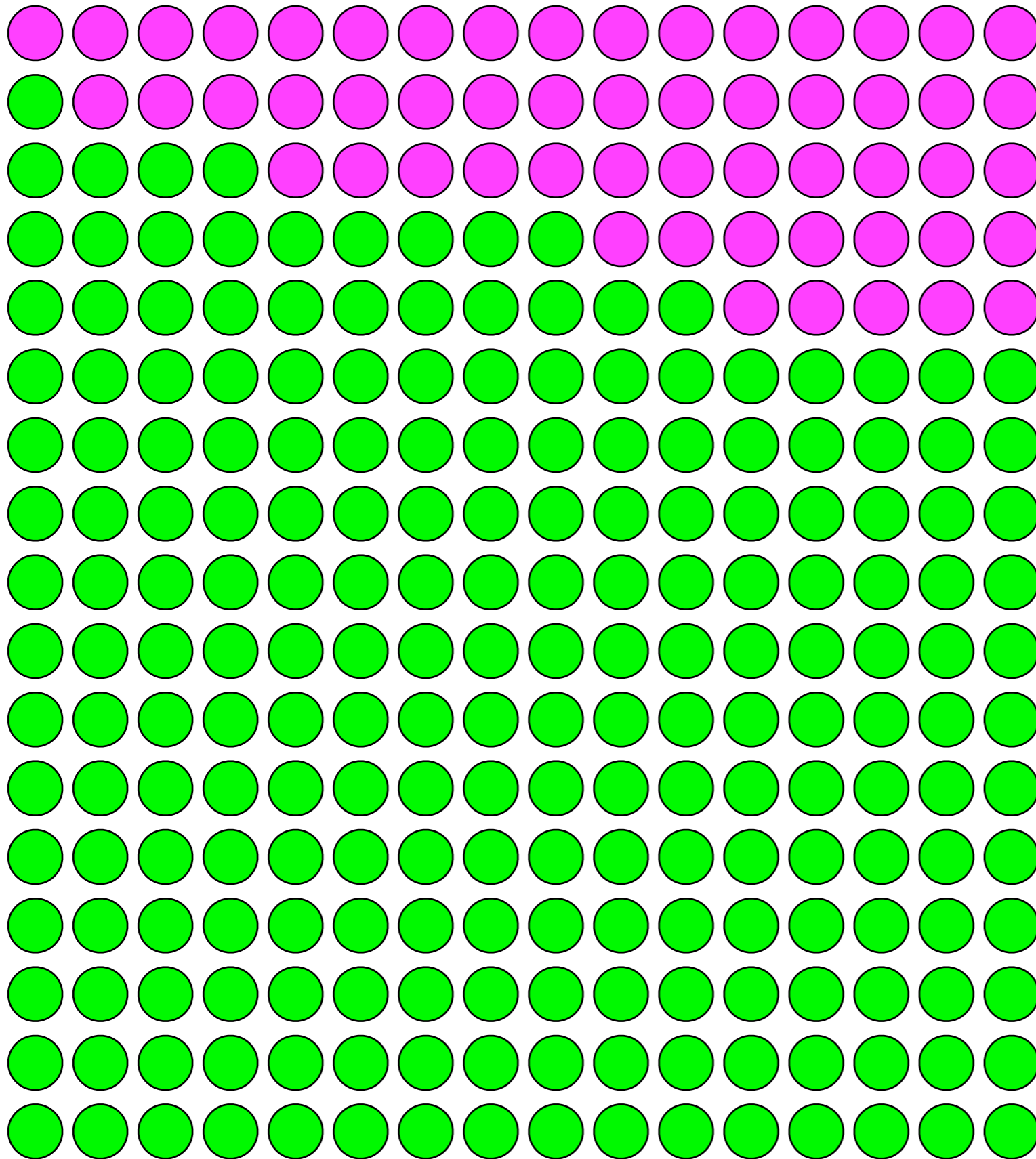
緑の個体の適応度が高い

← 全ての個体が緑色になる

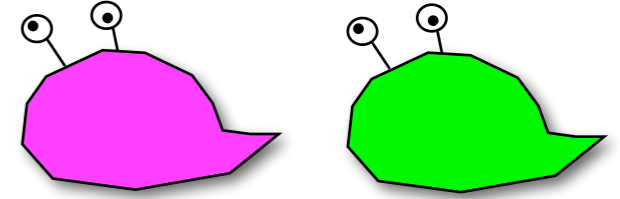
子孫を残しやすく
緑の個体数が急速に
増加する

種の進化の原動力：自然選択

時間



← 突然変異が生まれる



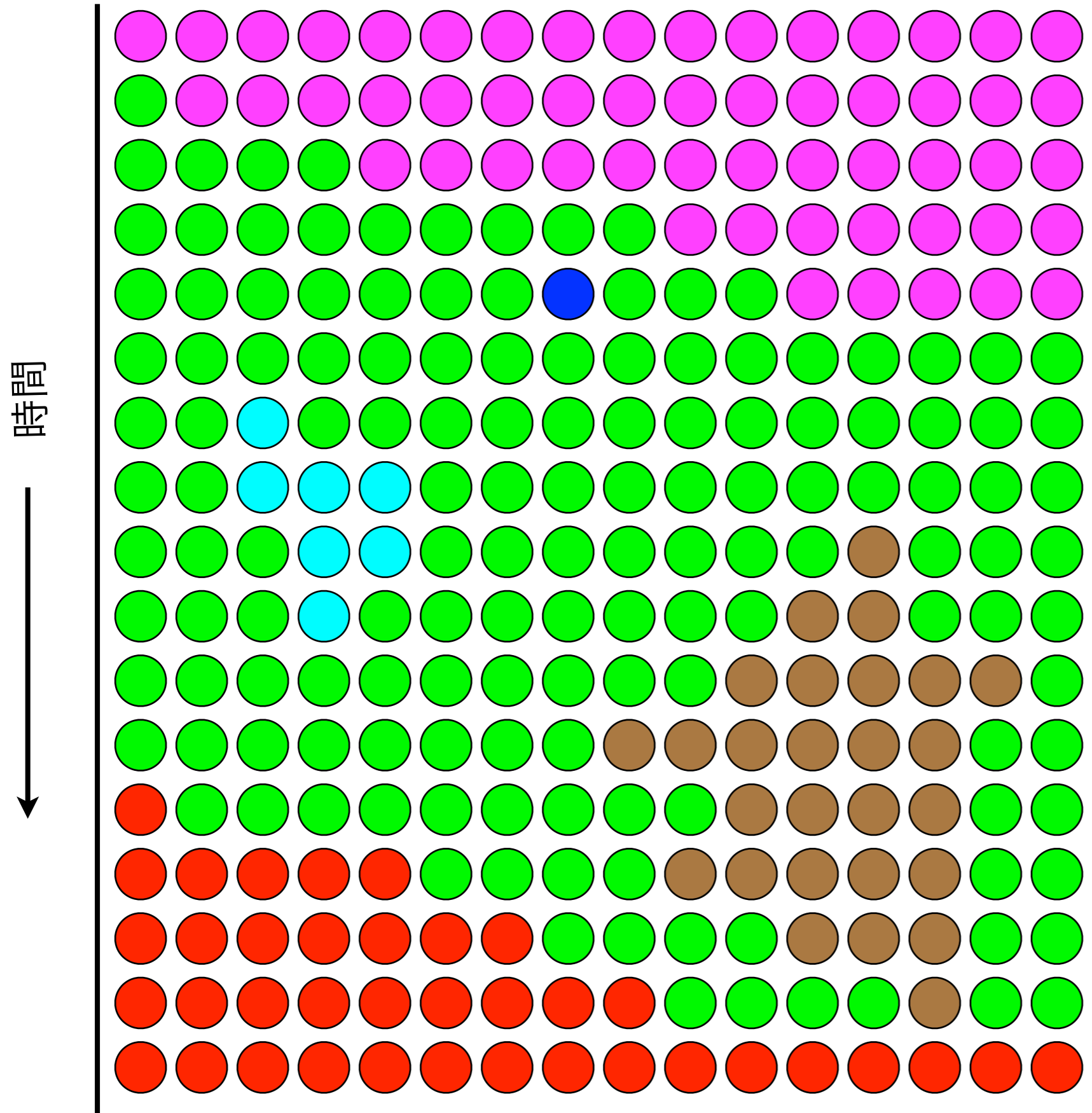
緑の個体の適応度が高い

← 全ての個体が緑色になる

子孫を残しやすく
緑の個体数が急速に
増加する

適応進化

種の進化の原動力



種の進化とは、
突然変異
偶然の効果
自然選択
を介して起こる

お品書き

- これって同種？別種？
- 種の定義と分類法
- どのように種は進化するか？
- 適応進化の例

適応進化の例：栽培植物の形態

栽培化過程の説明

時間



野生型集団

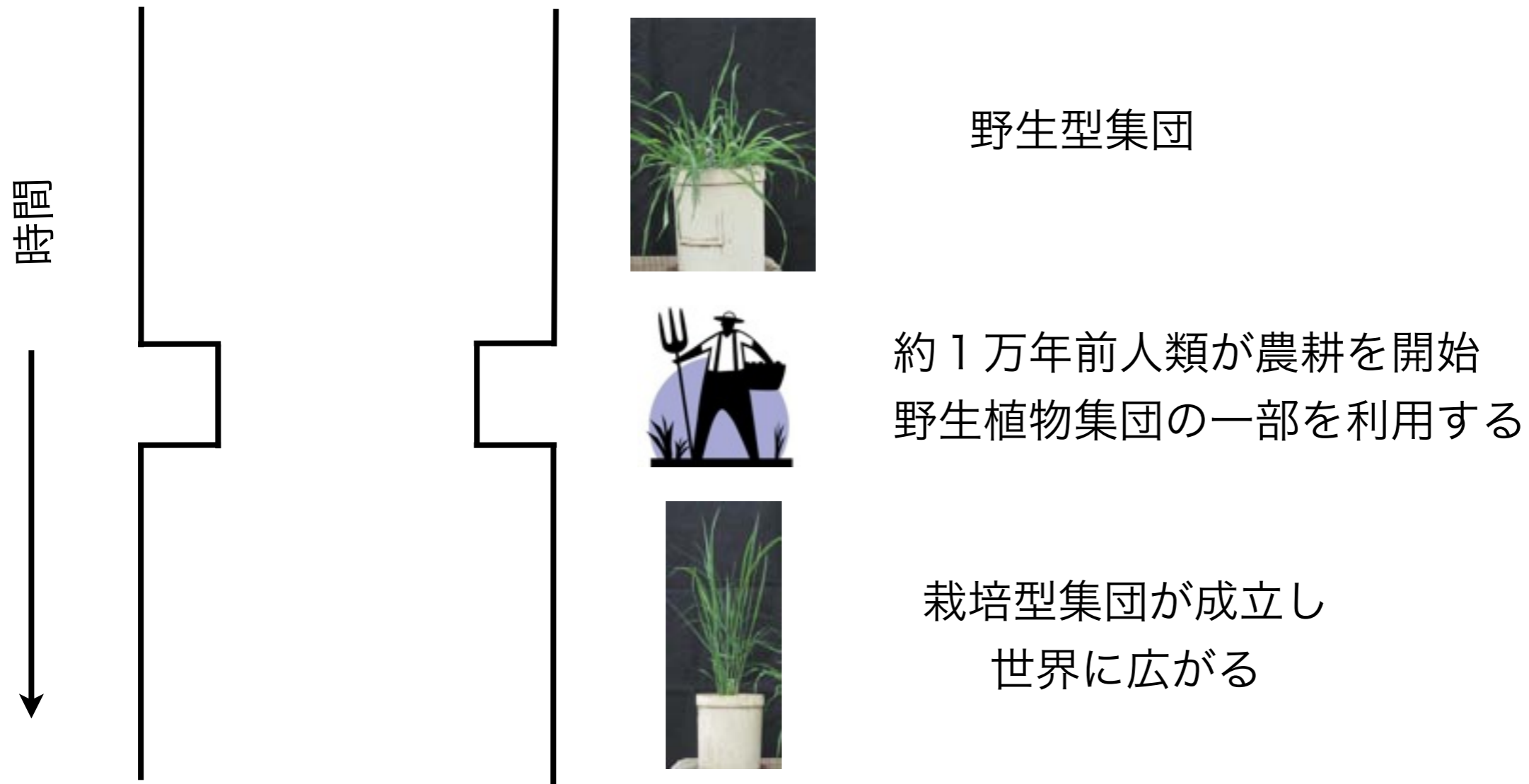
適応進化の例：栽培植物の形態

栽培化過程の説明

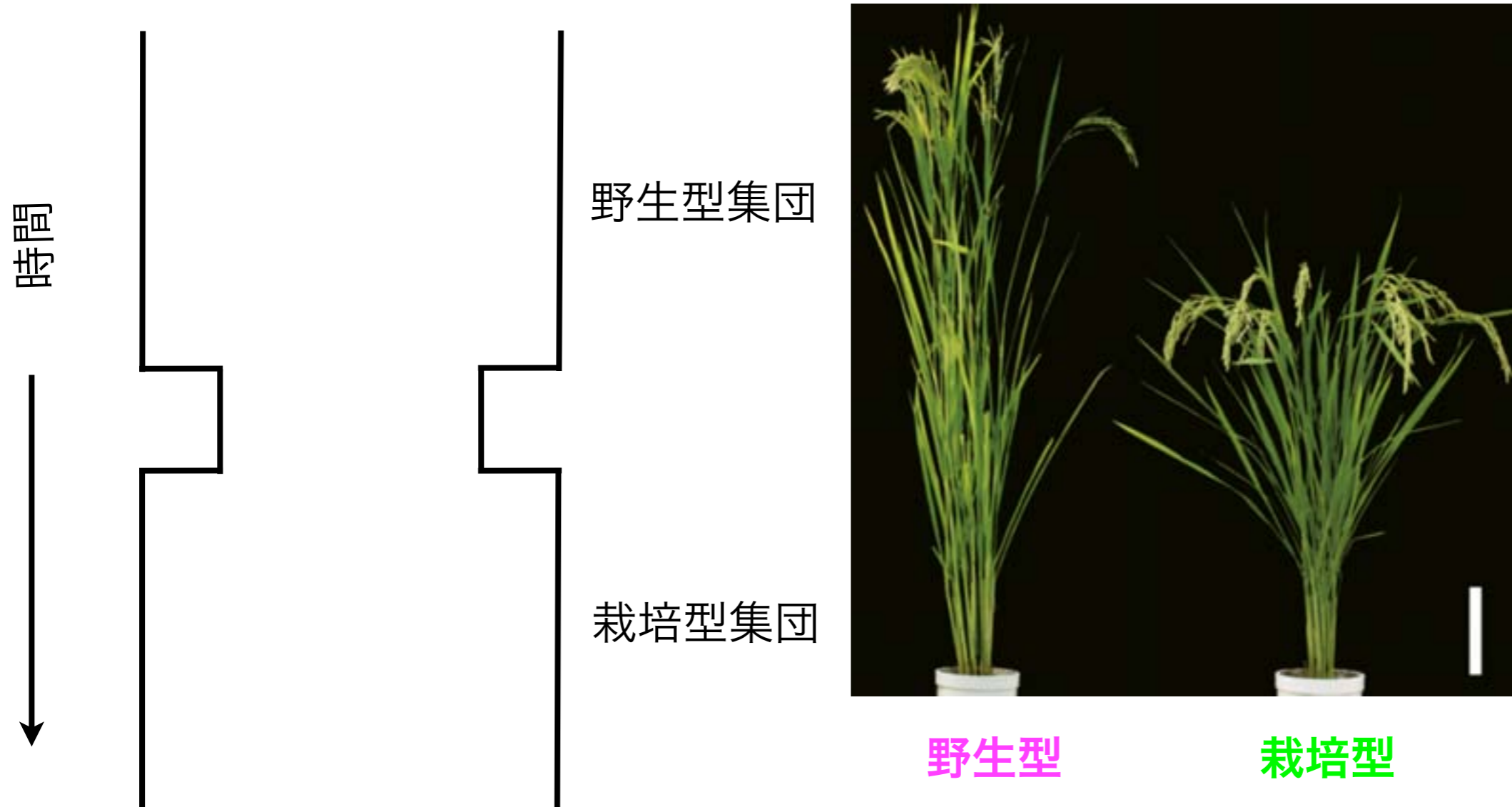


適応進化の例：栽培植物の形態

栽培化過程の説明

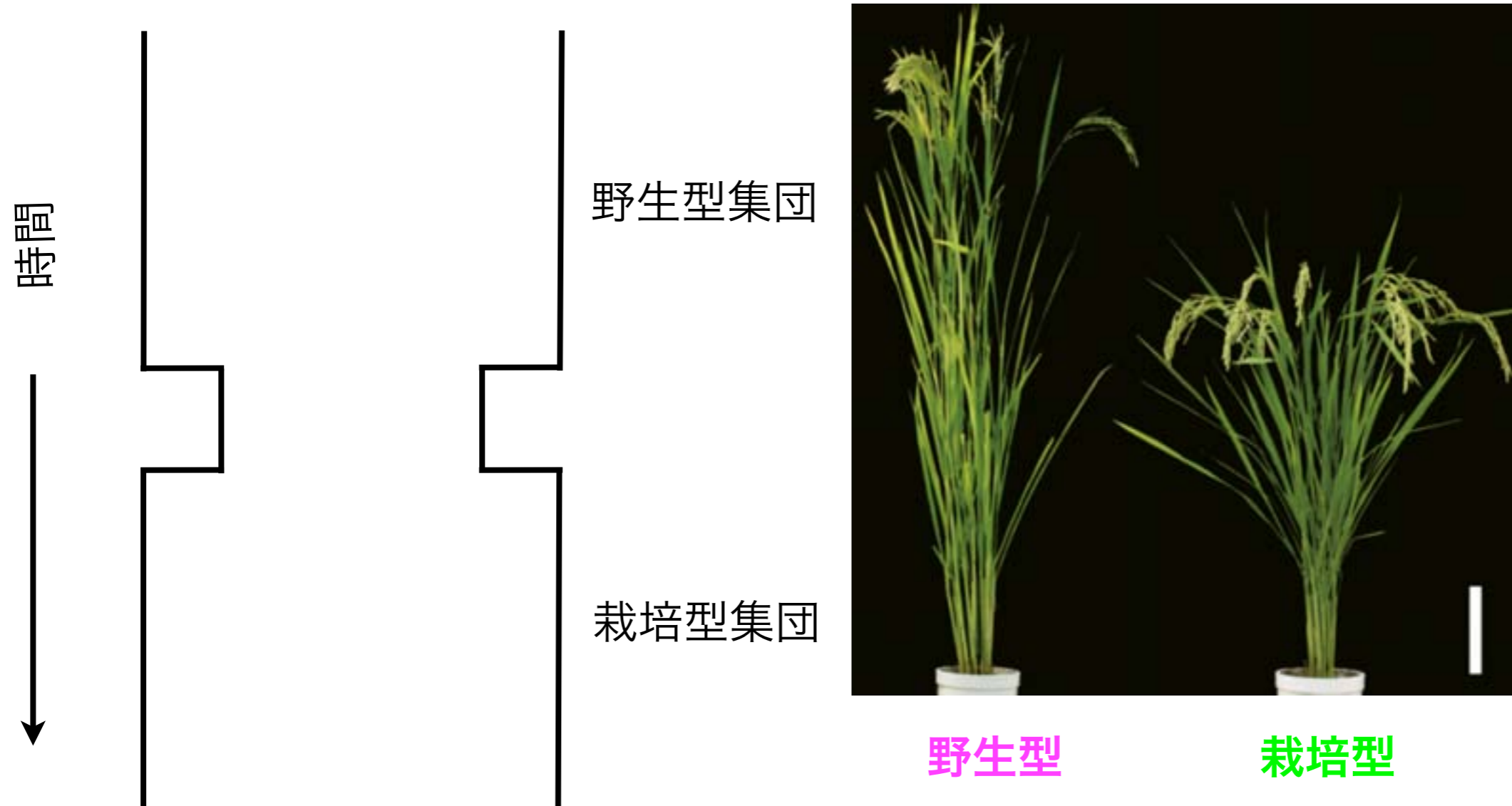


適応進化の例：イネの矮性



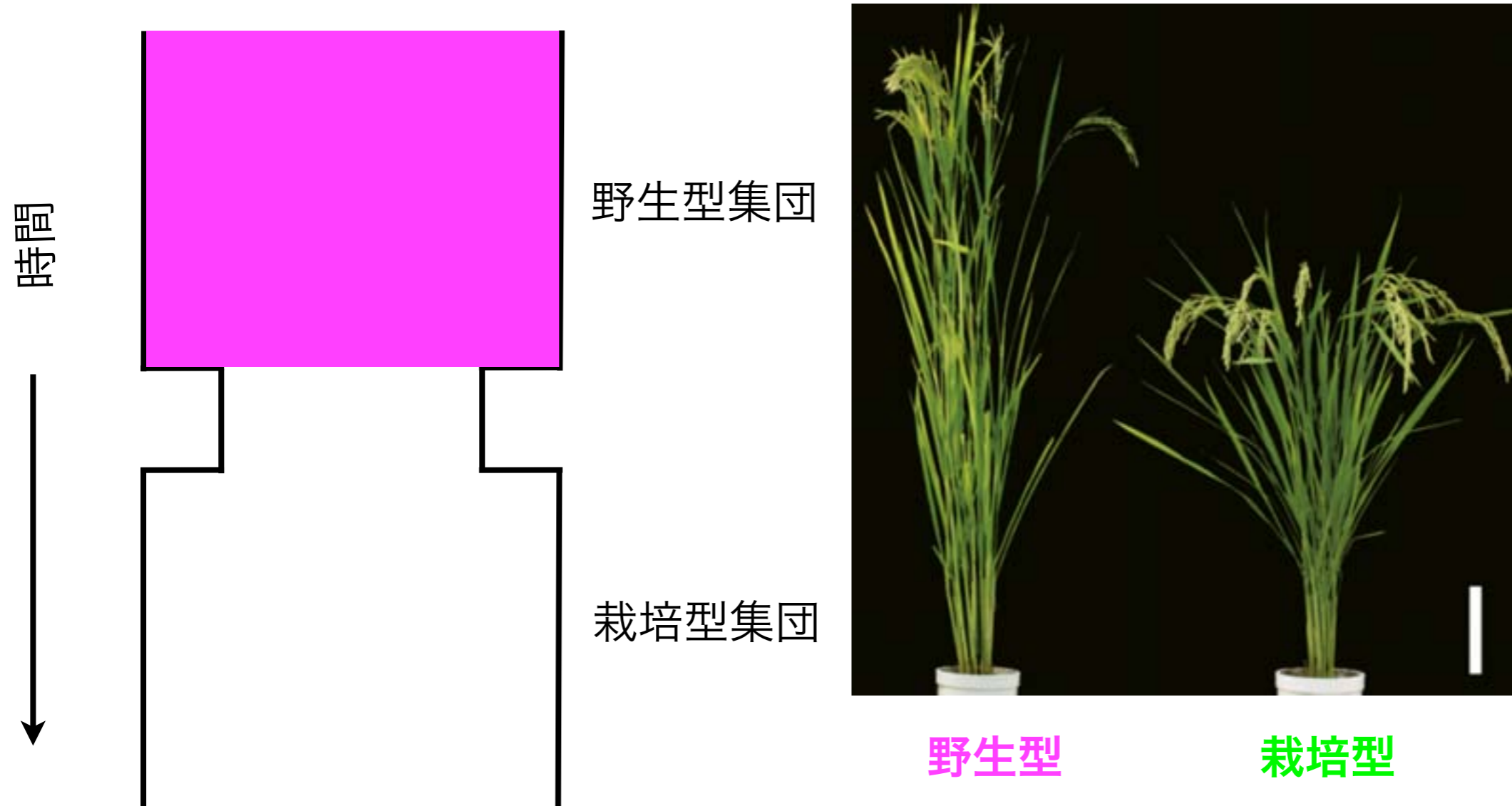
適応進化の例：イネの矮性

イネの背丈が低い方が倒伏しにくく、収穫が容易である



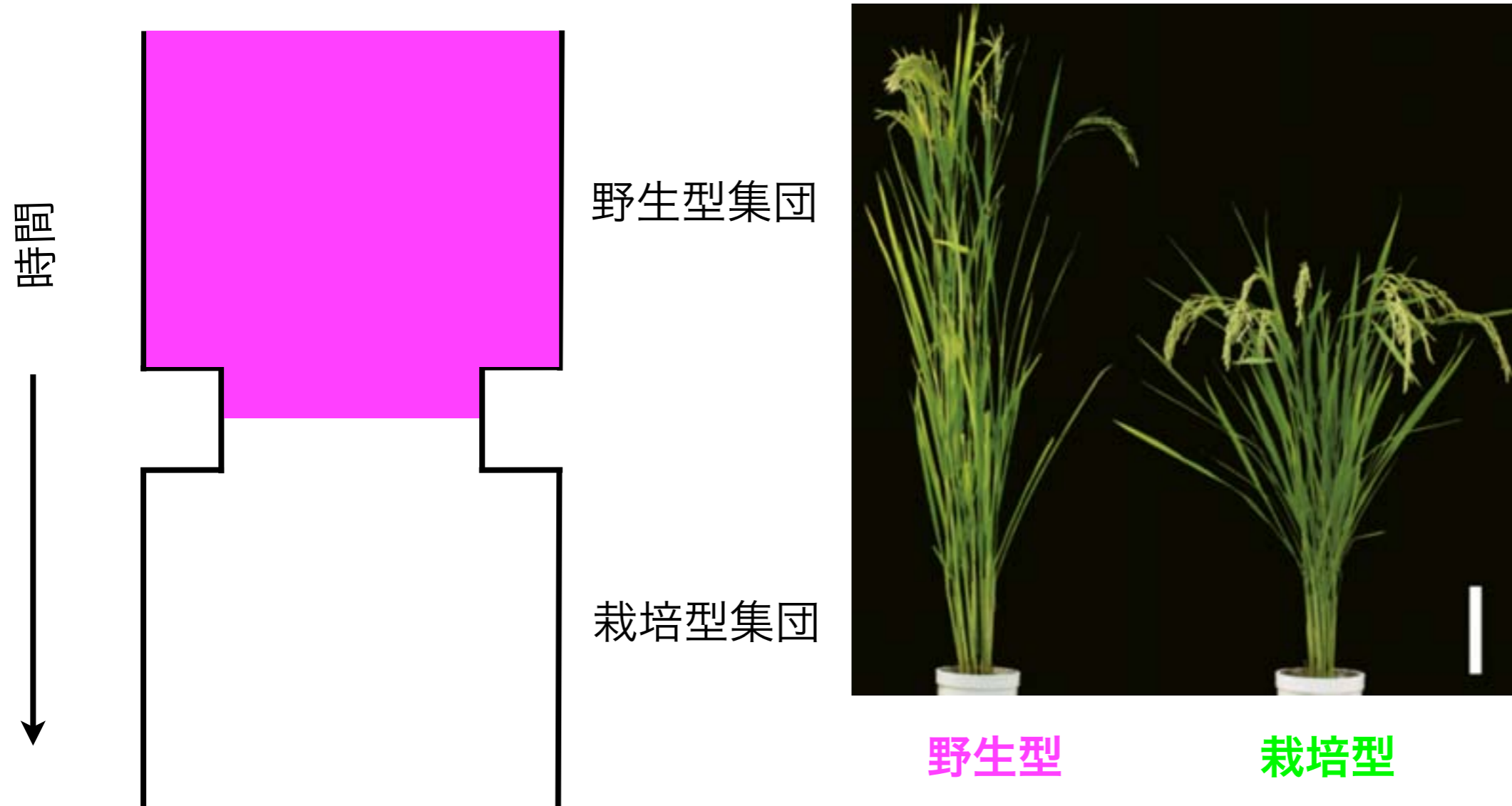
適応進化の例：イネの矮性

イネの背丈が低い方が倒伏しにくく、収穫が容易である



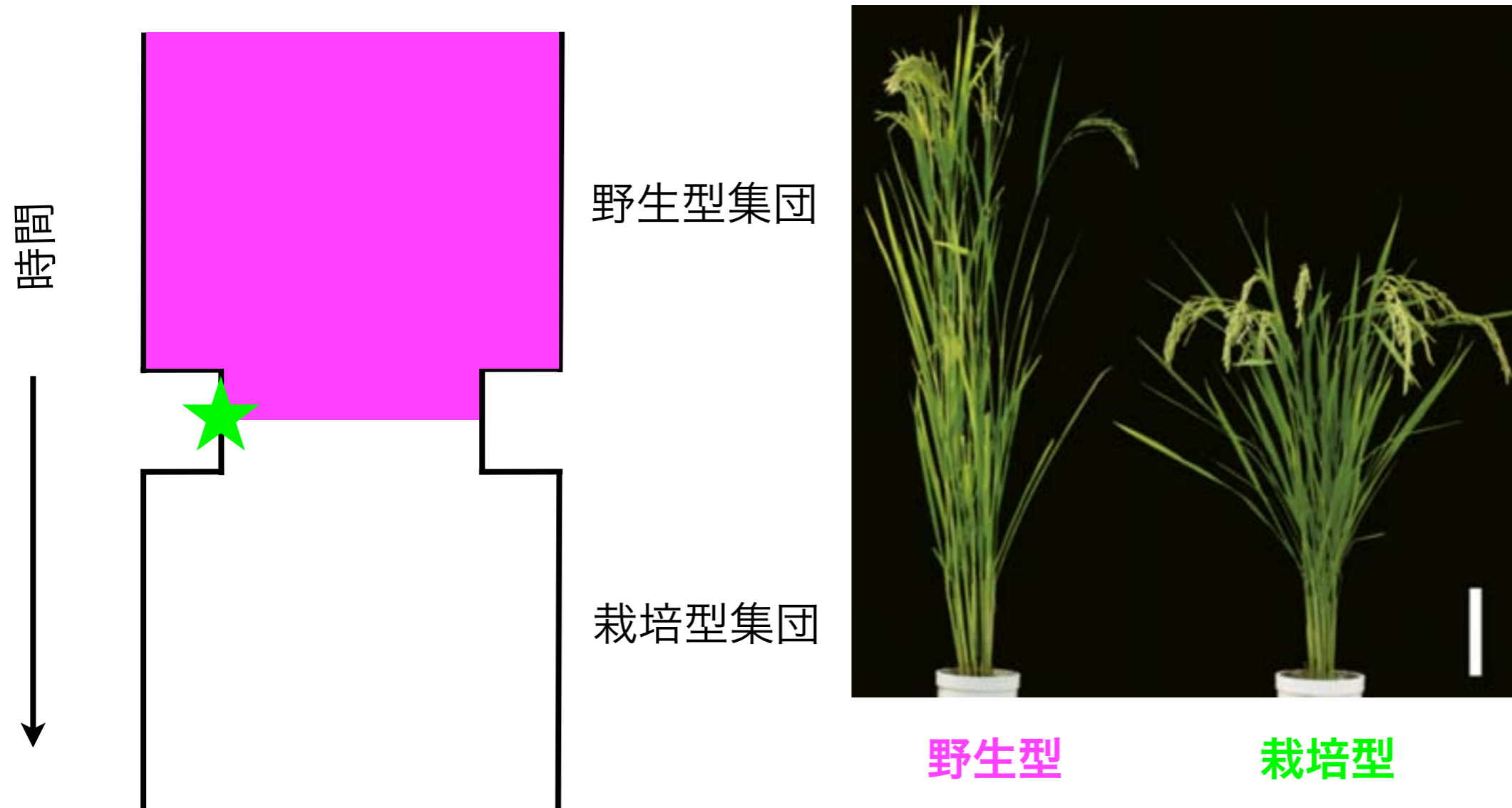
適応進化の例：イネの矮性

イネの背丈が低い方が倒伏しにくく、収穫が容易である



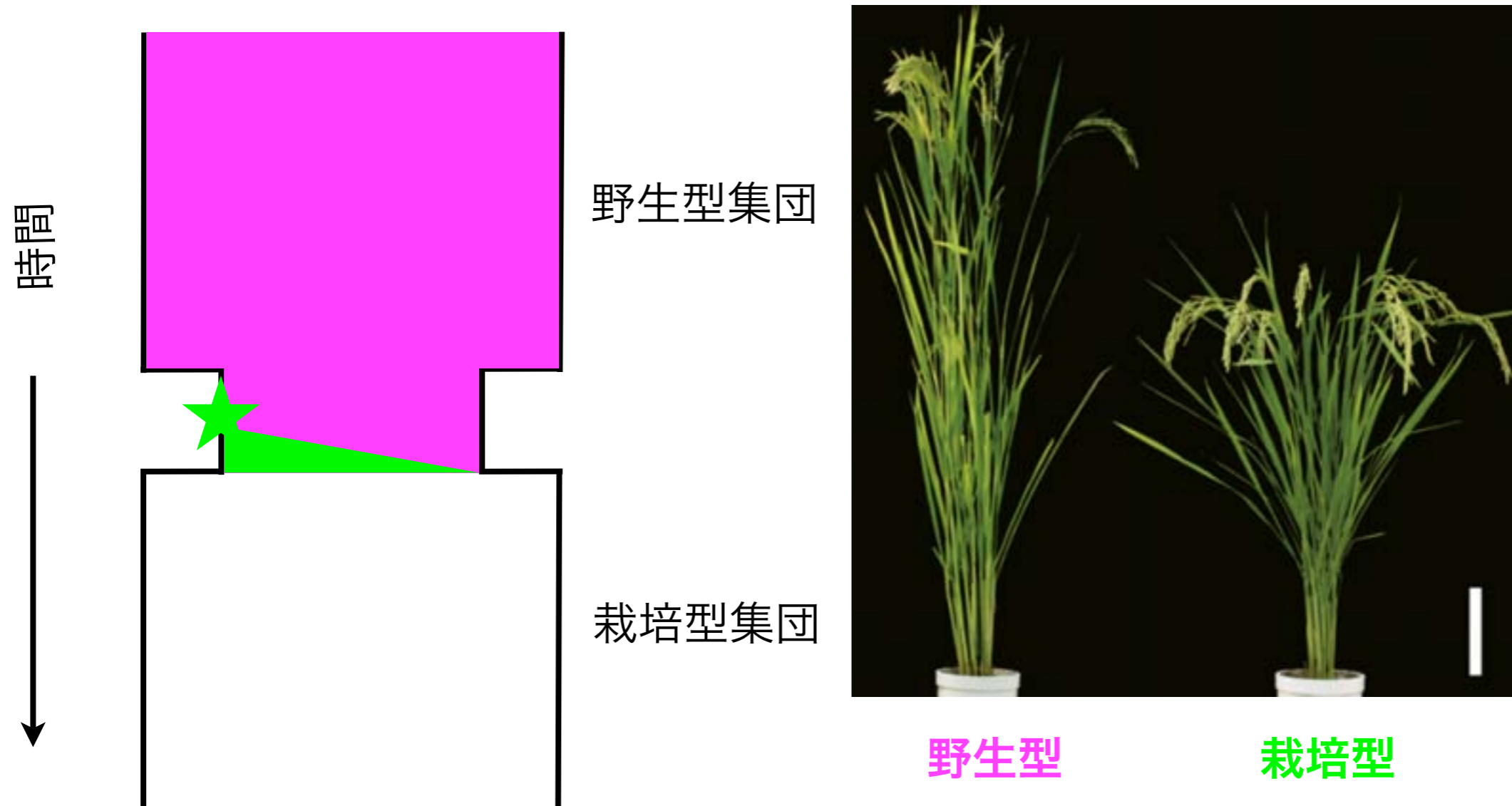
適応進化の例：イネの矮性

イネの背丈が低い方が倒伏しにくく、収穫が容易である



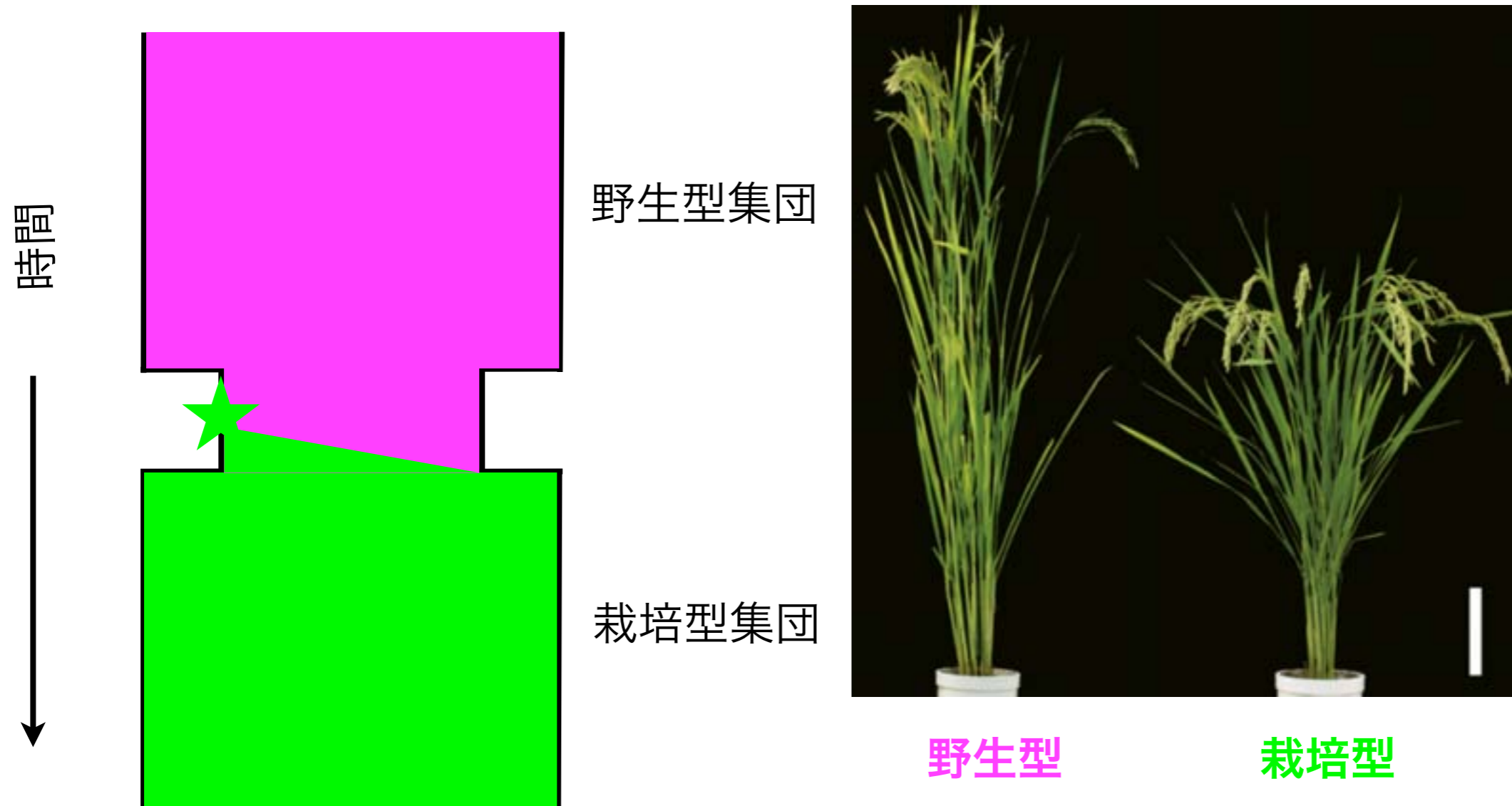
適応進化の例：イネの矮性

イネの背丈が低い方が倒伏しにくく、収穫が容易である

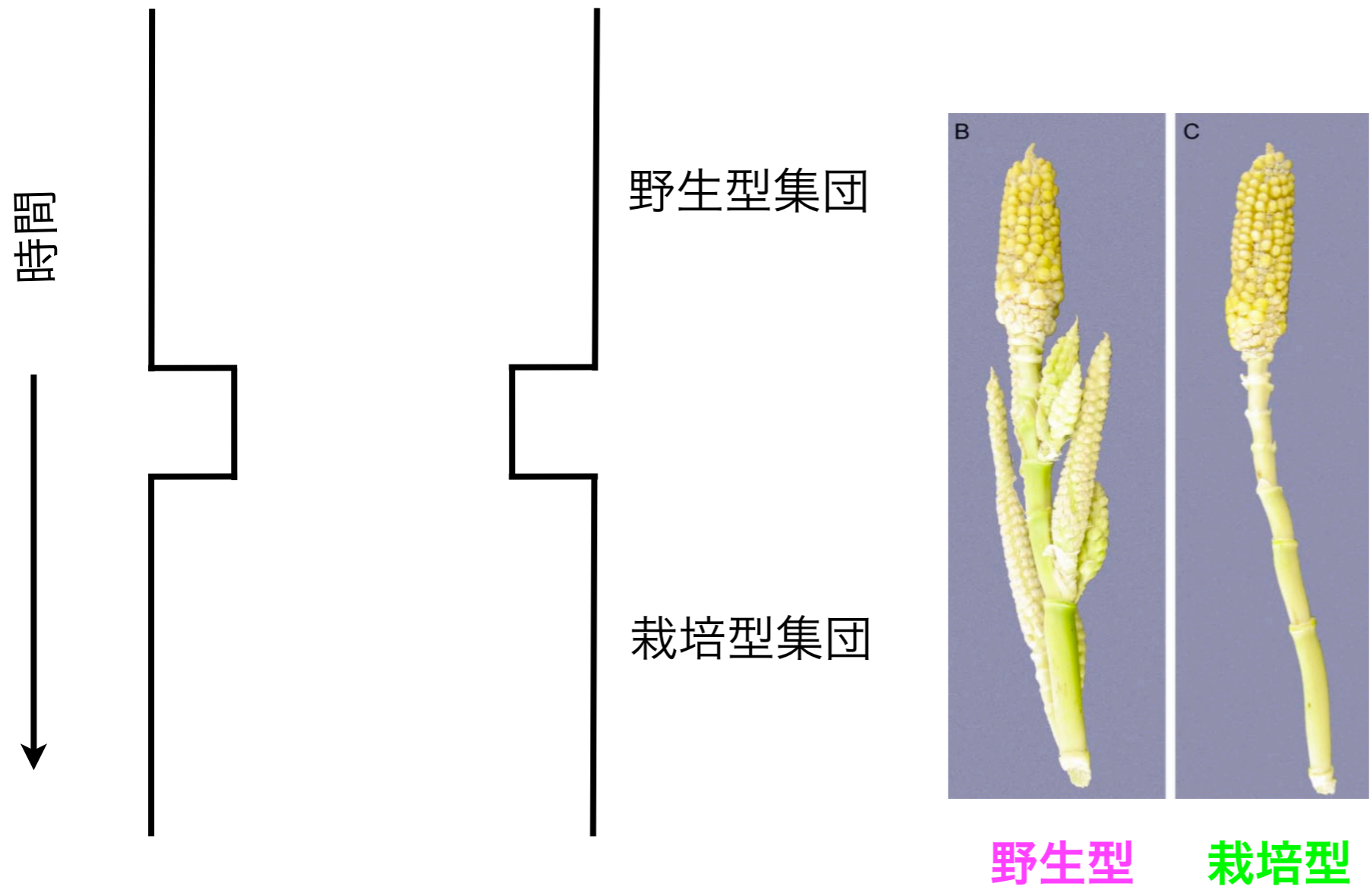


適応進化の例：イネの矮性

イネの背丈が低い方が倒伏しにくく、収穫が容易である

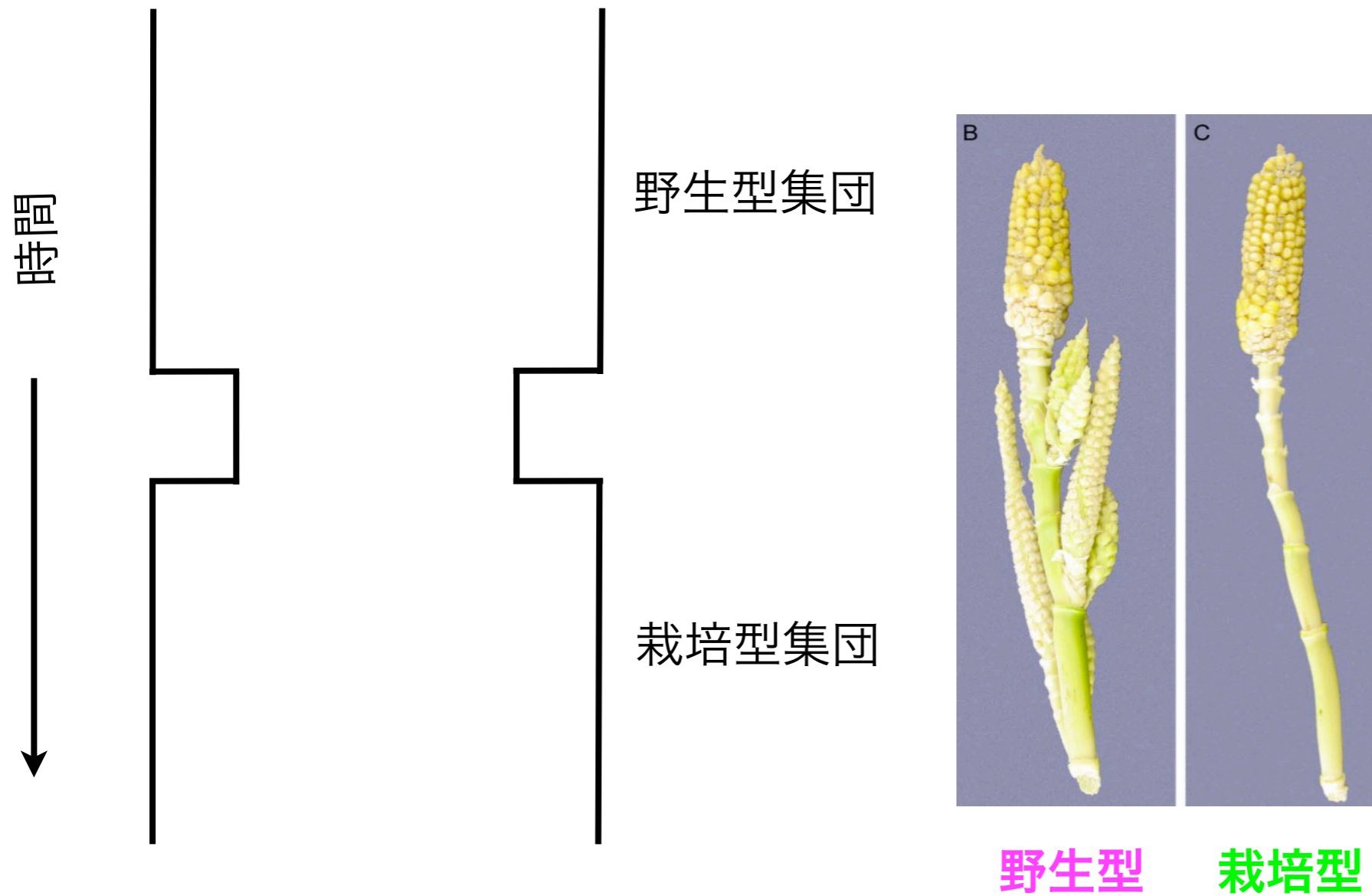


適応進化の例：トウモロコシの多産性



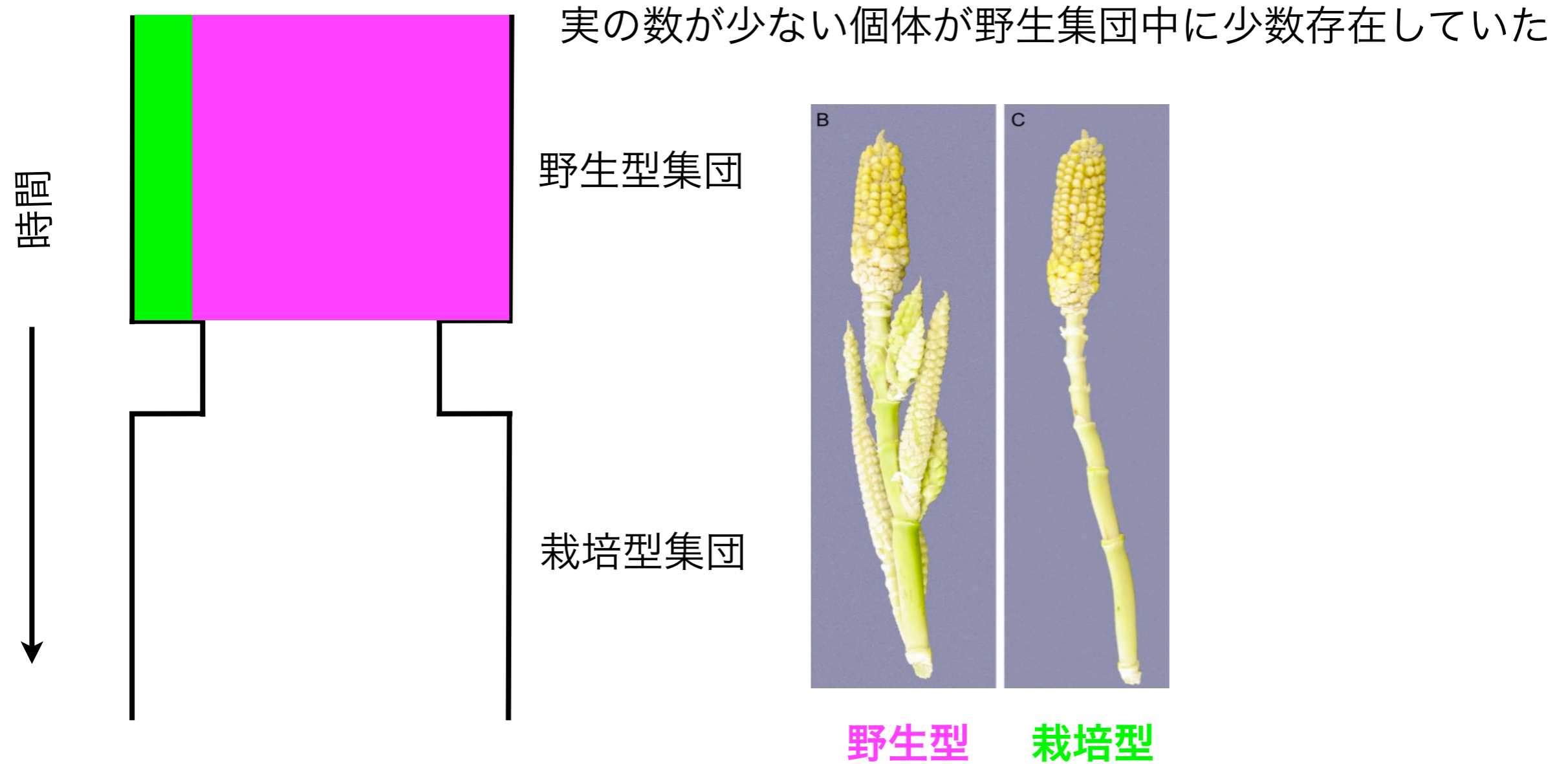
適応進化の例：トウモロコシの多産性

トウモロコシの実の数が少ない方が、大きく収穫のしやすい実になる



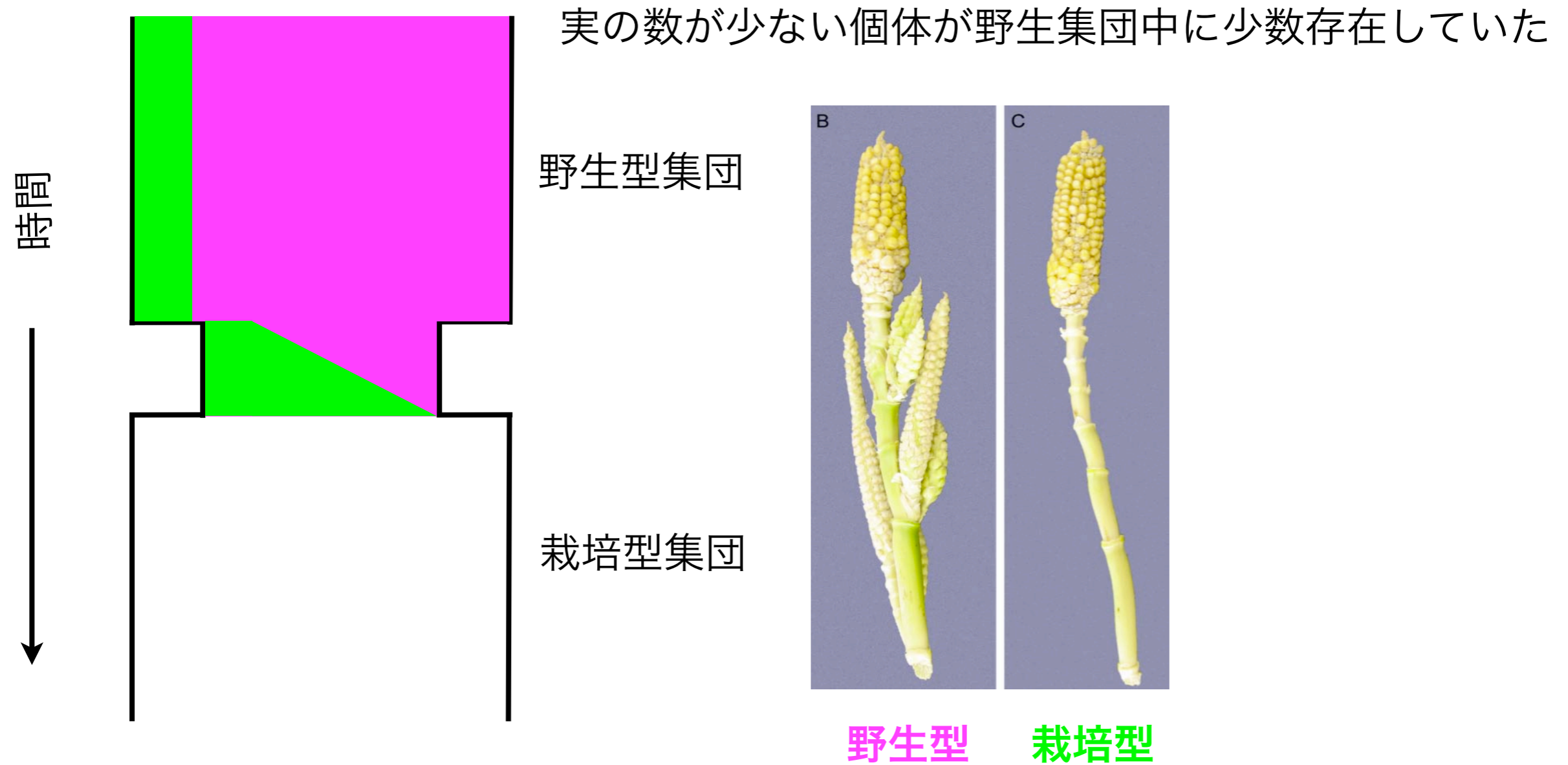
適応進化の例：トウモロコシの多産性

トウモロコシの実の数が少ない方が、大きく収穫のしやすい実になる



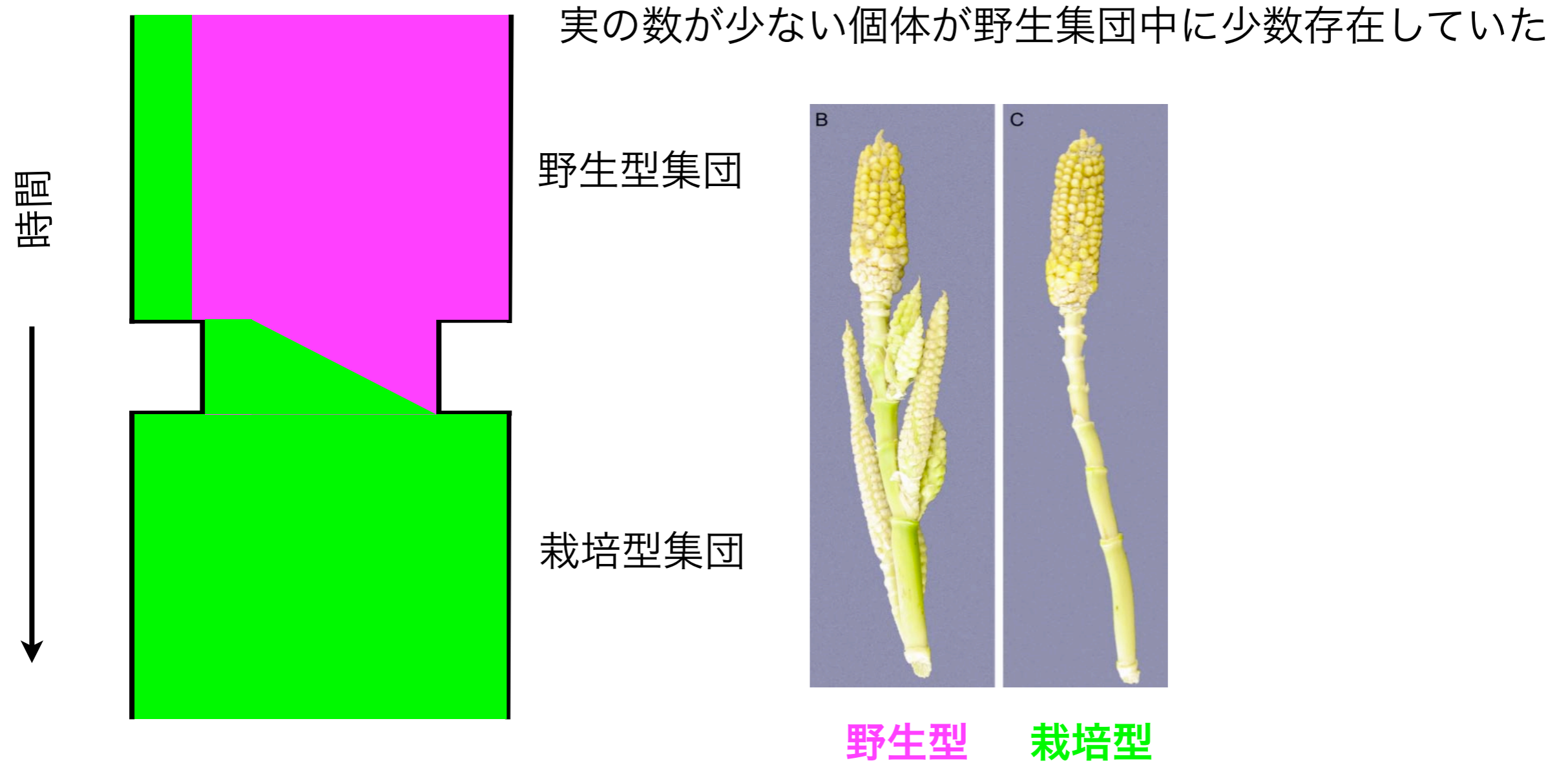
適応進化の例：トウモロコシの多産性

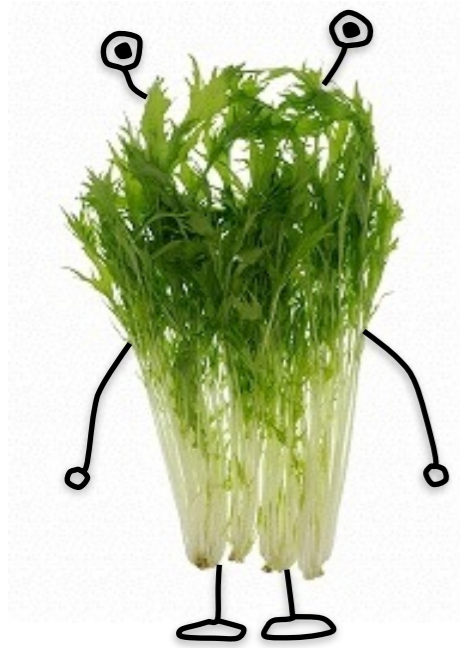
トウモロコシの実の数が少ない方が、大きく収穫のしやすい実になる



適応進化の例：トウモロコシの多産性

トウモロコシの実の数が少ない方が、大きく収穫のしやすい実になる





謝辞

カブの研究について

- 大西近江教授（京都大学）
- 河原太八准教授（京都大学）

イネの研究について

- 松岡信教授（名古屋大学）
- 印南秀樹准教授（総合研究大学院大学）

トウモロコシの研究について

- John Doebley教授（ウィスコンシン大学）
- Jeff Ross-Ibarra准教授（カリフォルニア大学デービス校）