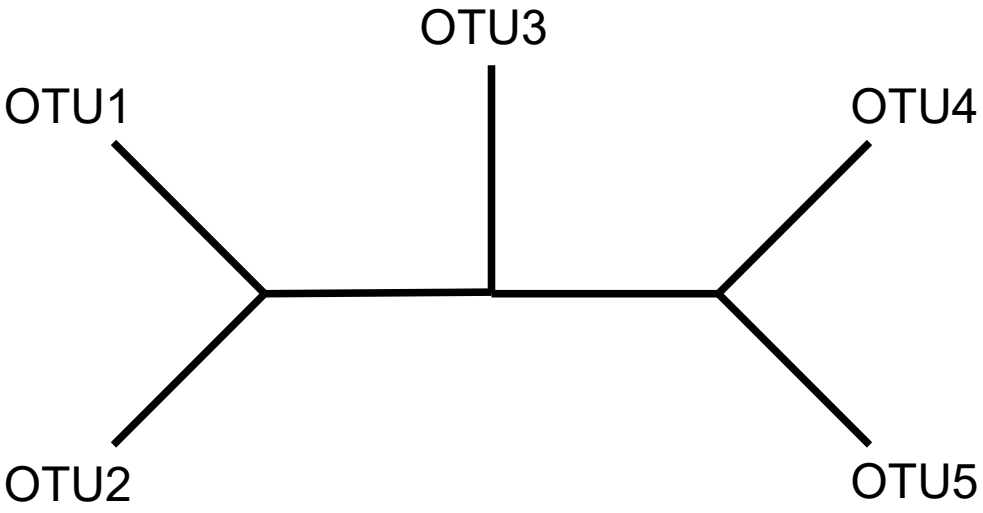
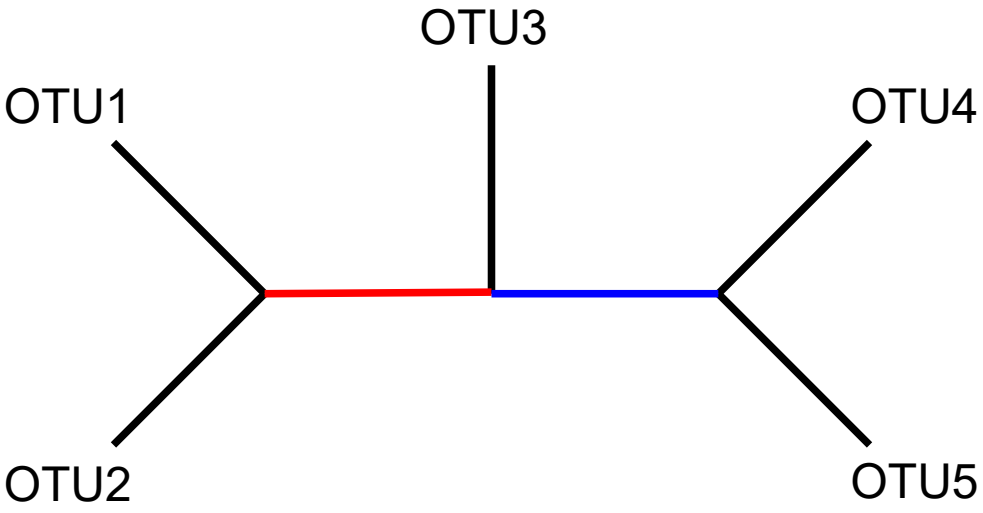
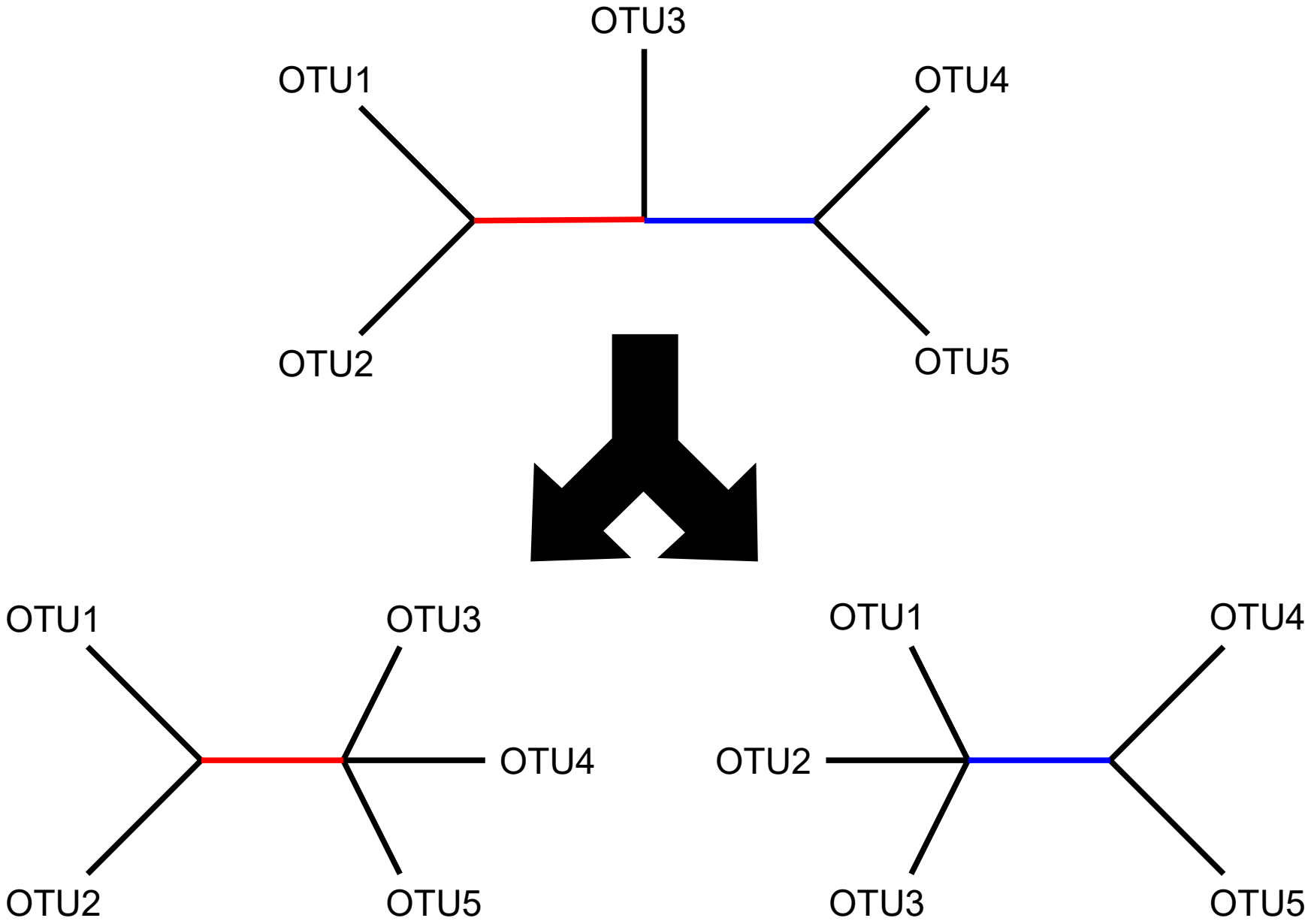
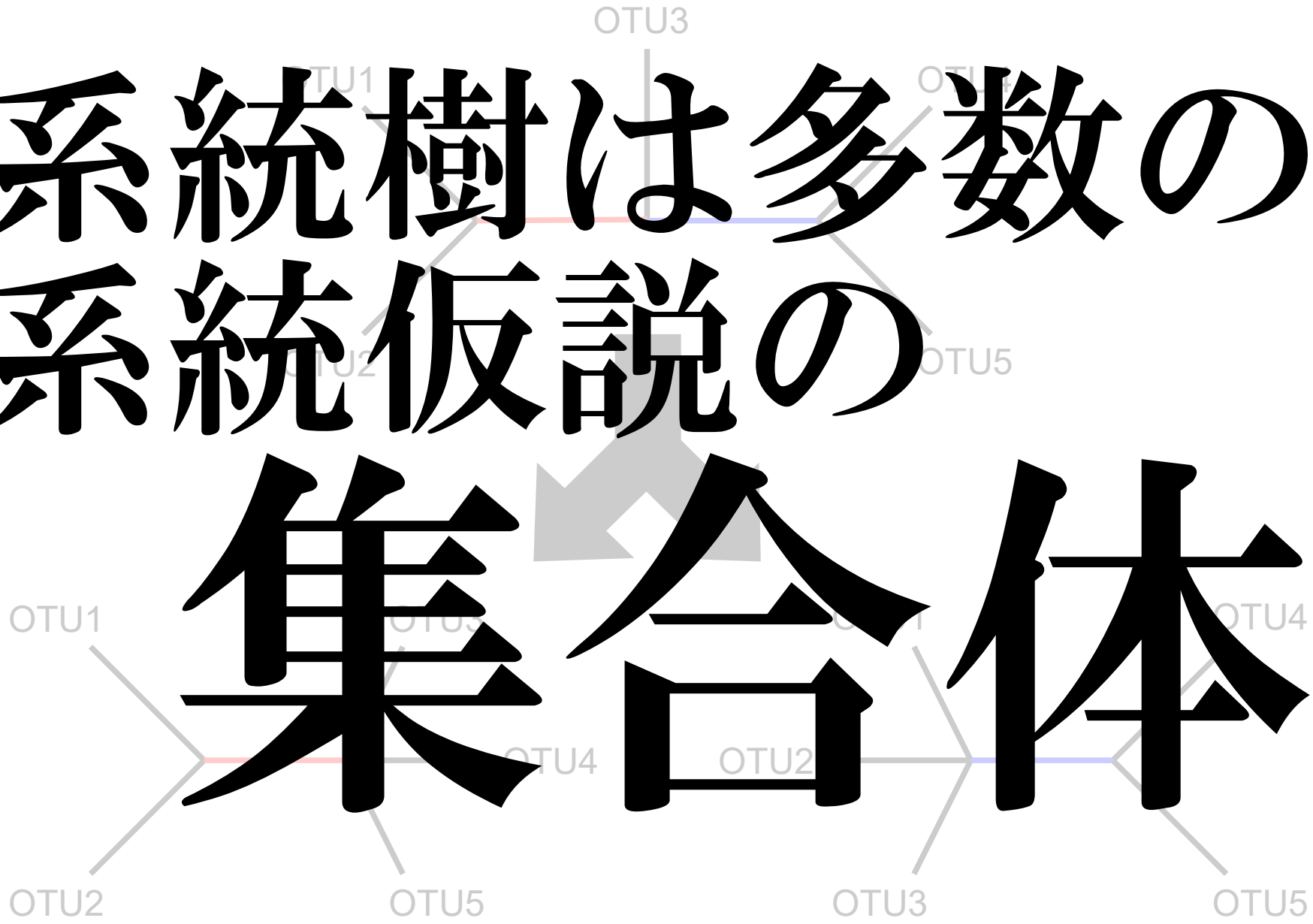
系統樹・系統仮説の可視化
と系統仮説間の統計的比較

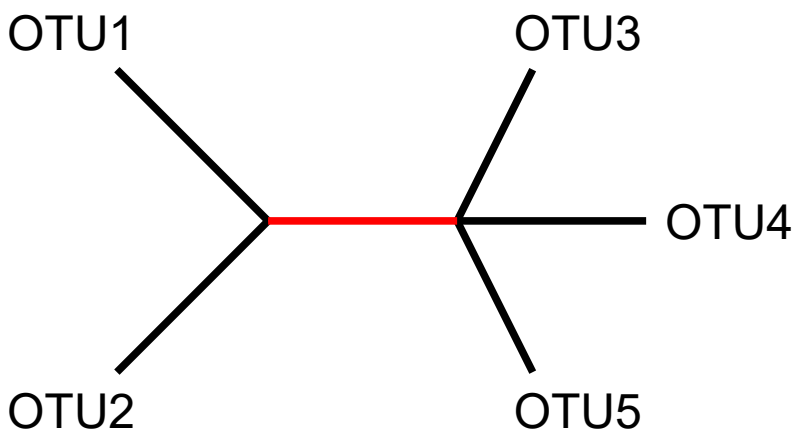

OTU3
OTU1
OTU4
OTU2
OTU5

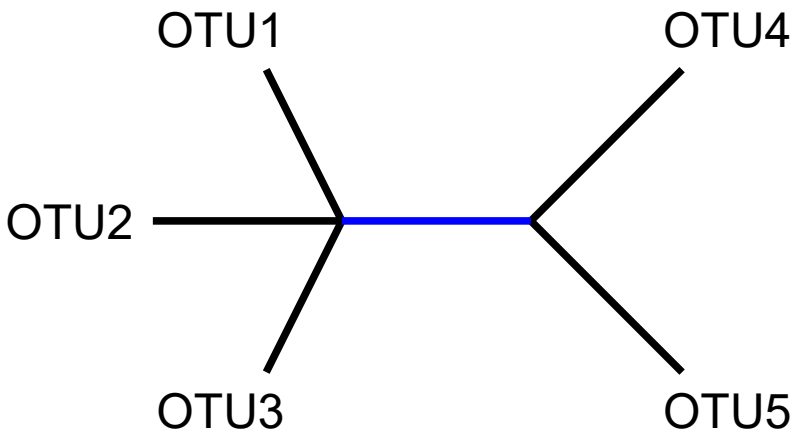

OTU3
OTU1
OTU4
OTU2
OTU5

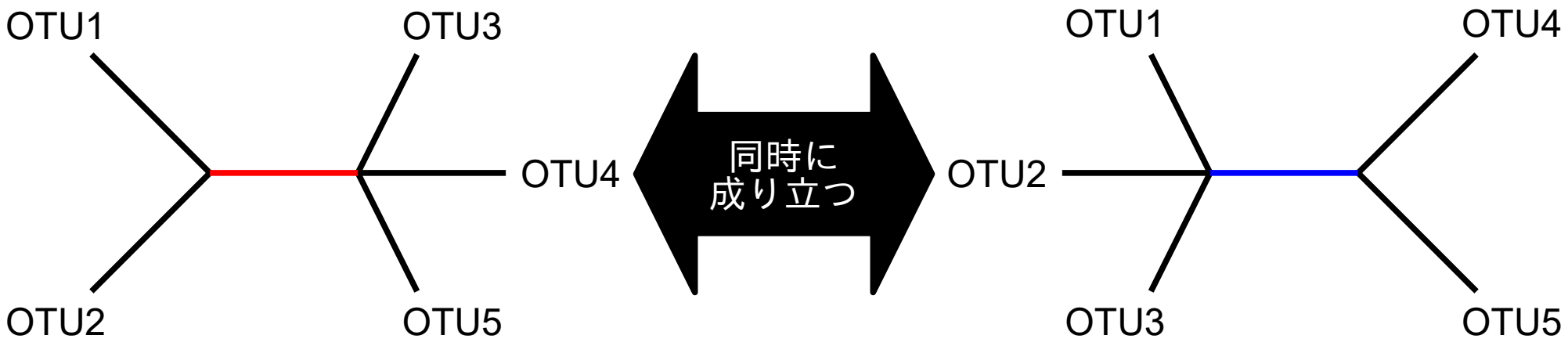

OTU3
OTU1
OTU4
OTU2
OTU5
OTU1
OTU3
OTU4
OTU2
OTU5
OTU1
OTU4
OTU2
OTU3
OTU5

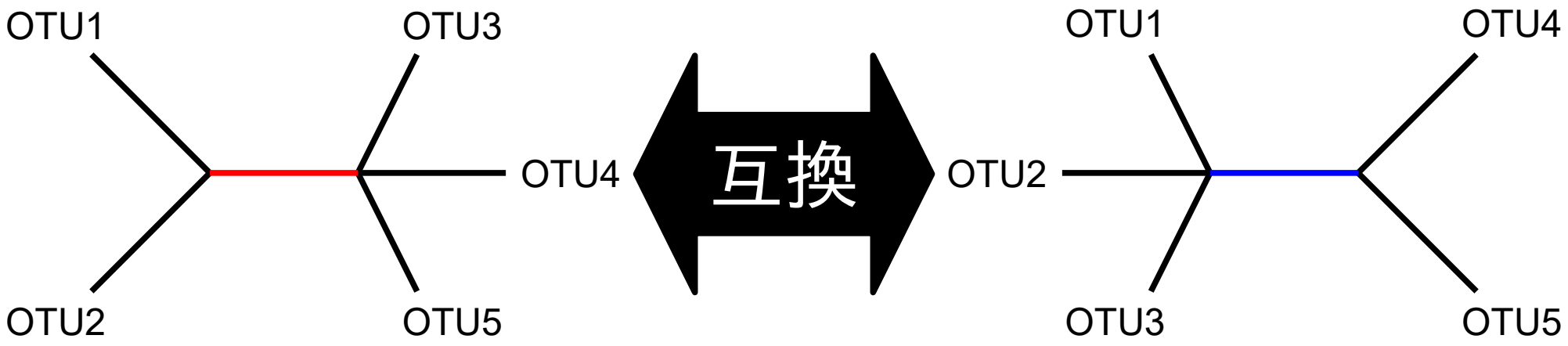
系統樹は多数の系統仮説の集合体

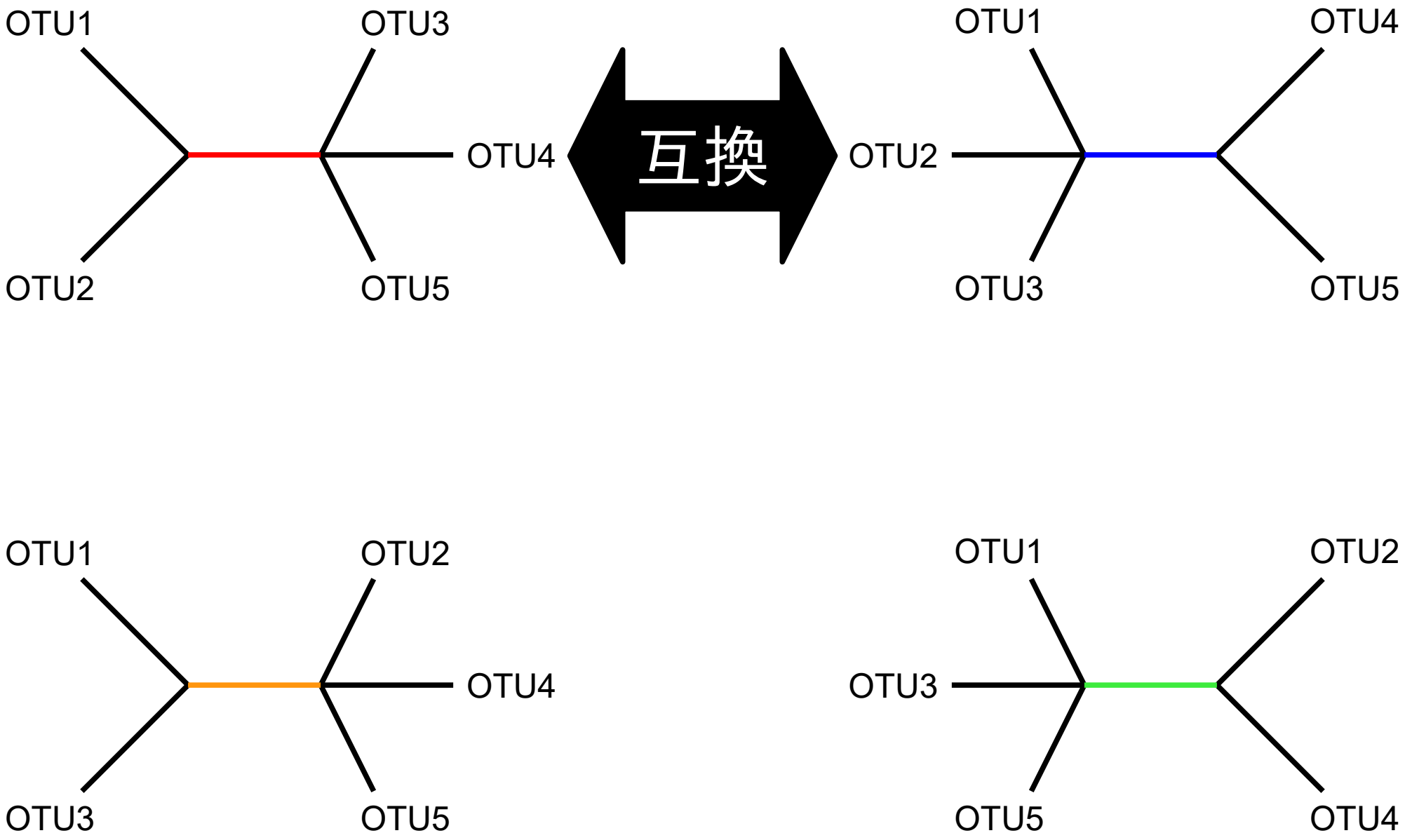


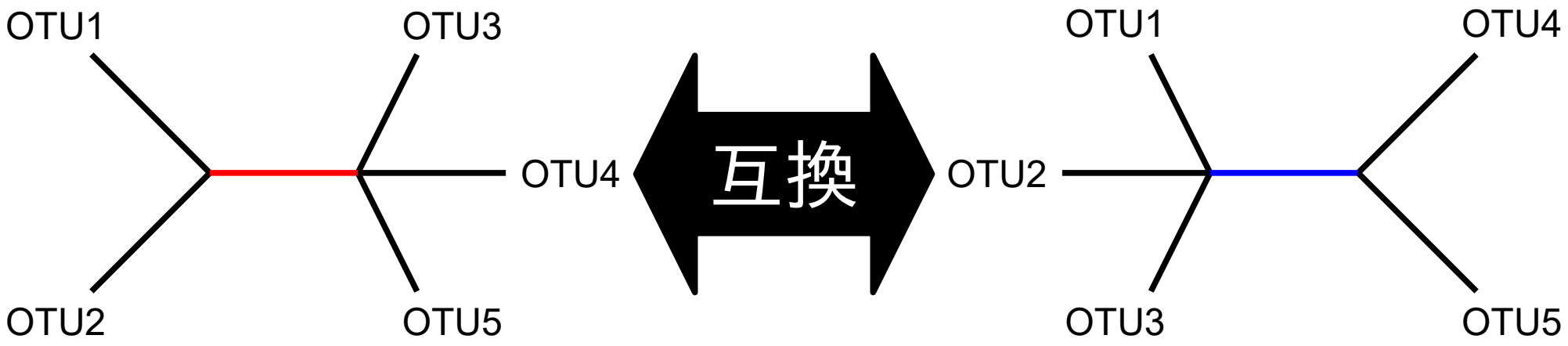

OTU1
OTU3
OTU4
OTU2
OTU5

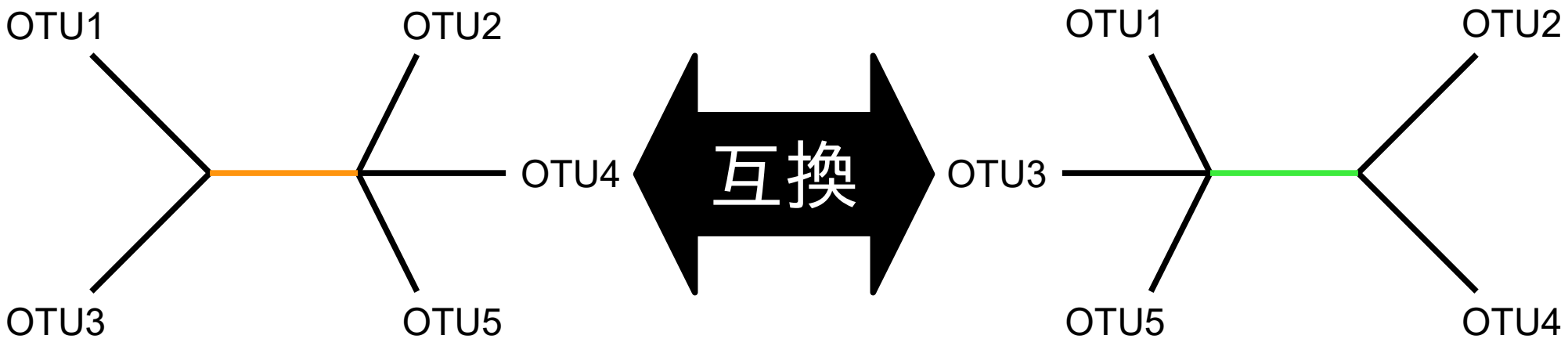

OTU1
OTU4
OTU2
OTU3
OTU5

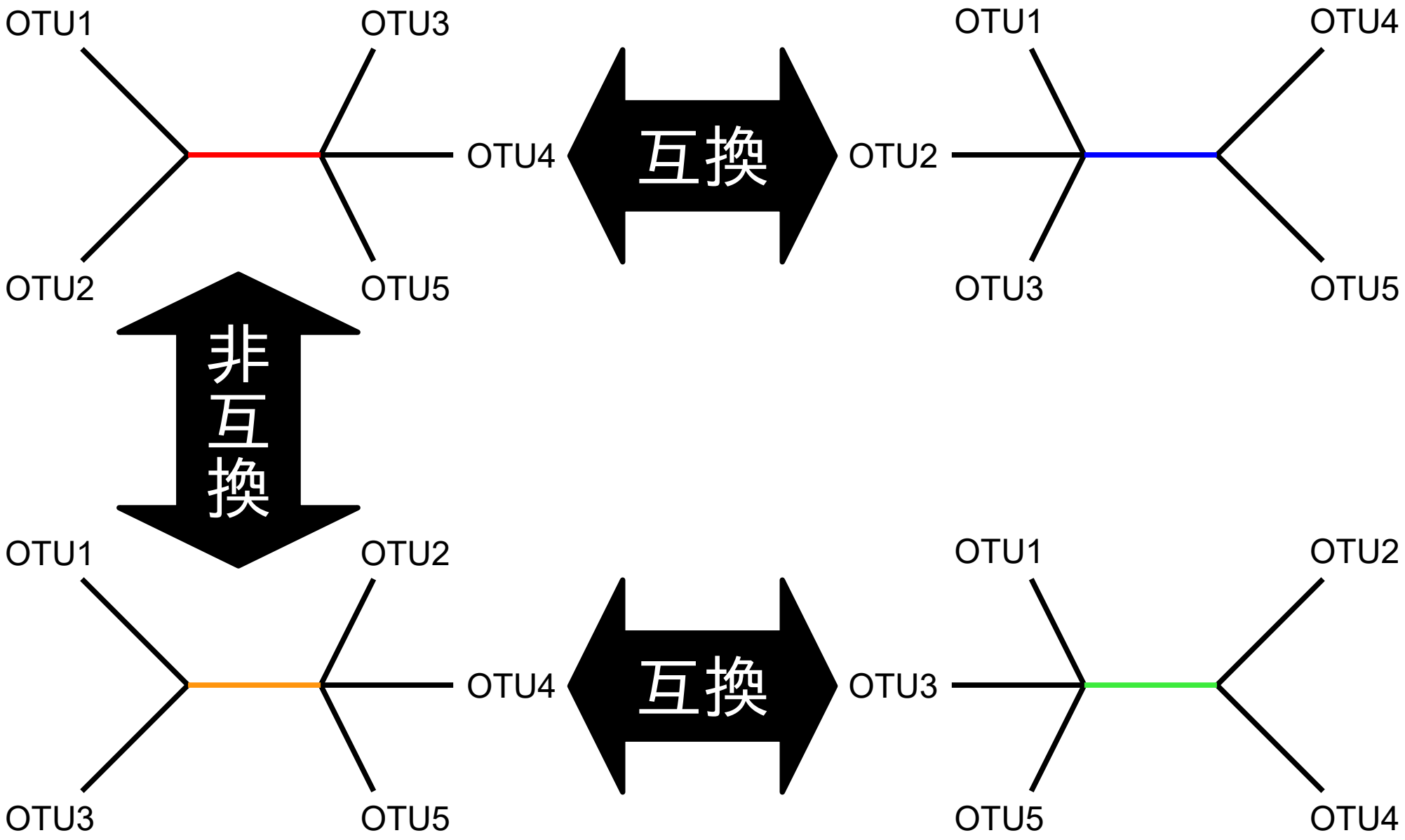

OTU1
OTU3
OTU4
OTU2
OTU5
同時に
成り立つ
OTU1
OTU4
OTU2
OTU3
OTU5

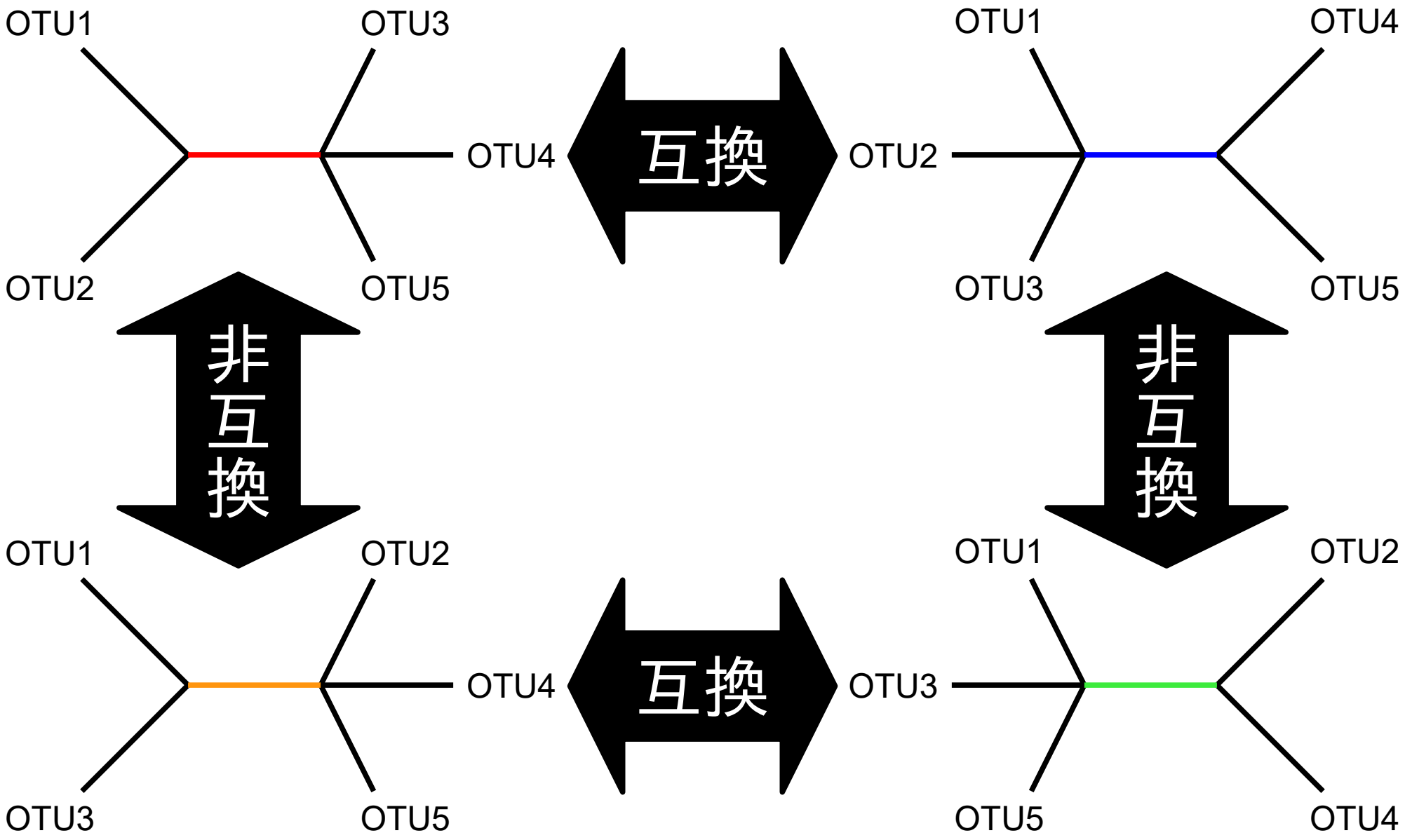

OTU1
OTU3
OTU4
OTU2
OTU5
互换
OTU1
OTU4
OTU2
OTU3
OTU5

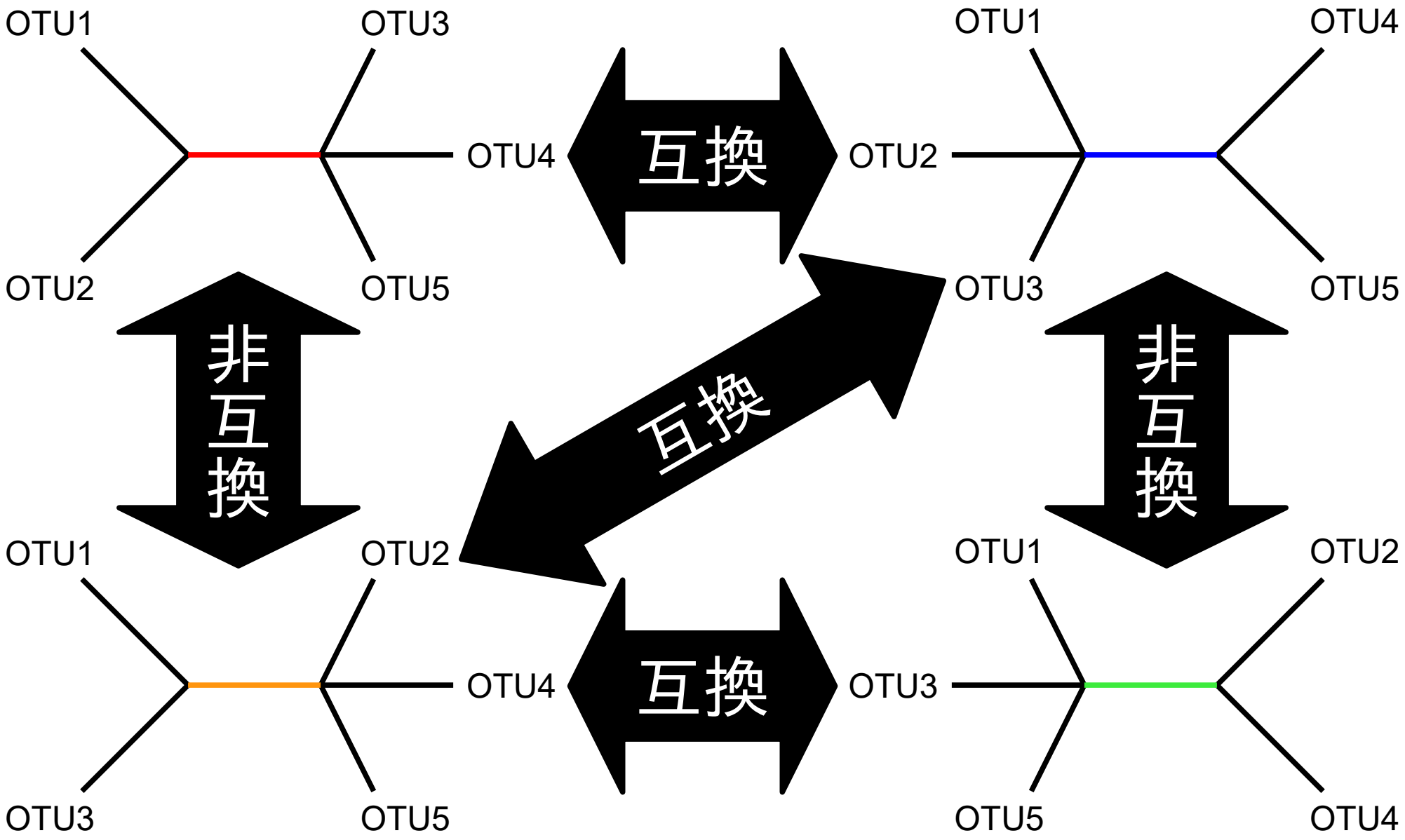

OTU1
OTU3
OTU4
OTU2
OTU5
互换
OTU1
OTU4
OTU2
OTU3
OTU5
OTU1
OTU2
OTU4
OTU3
OTU5
OTU1
OTU2
OTU3
OTU5
OTU4

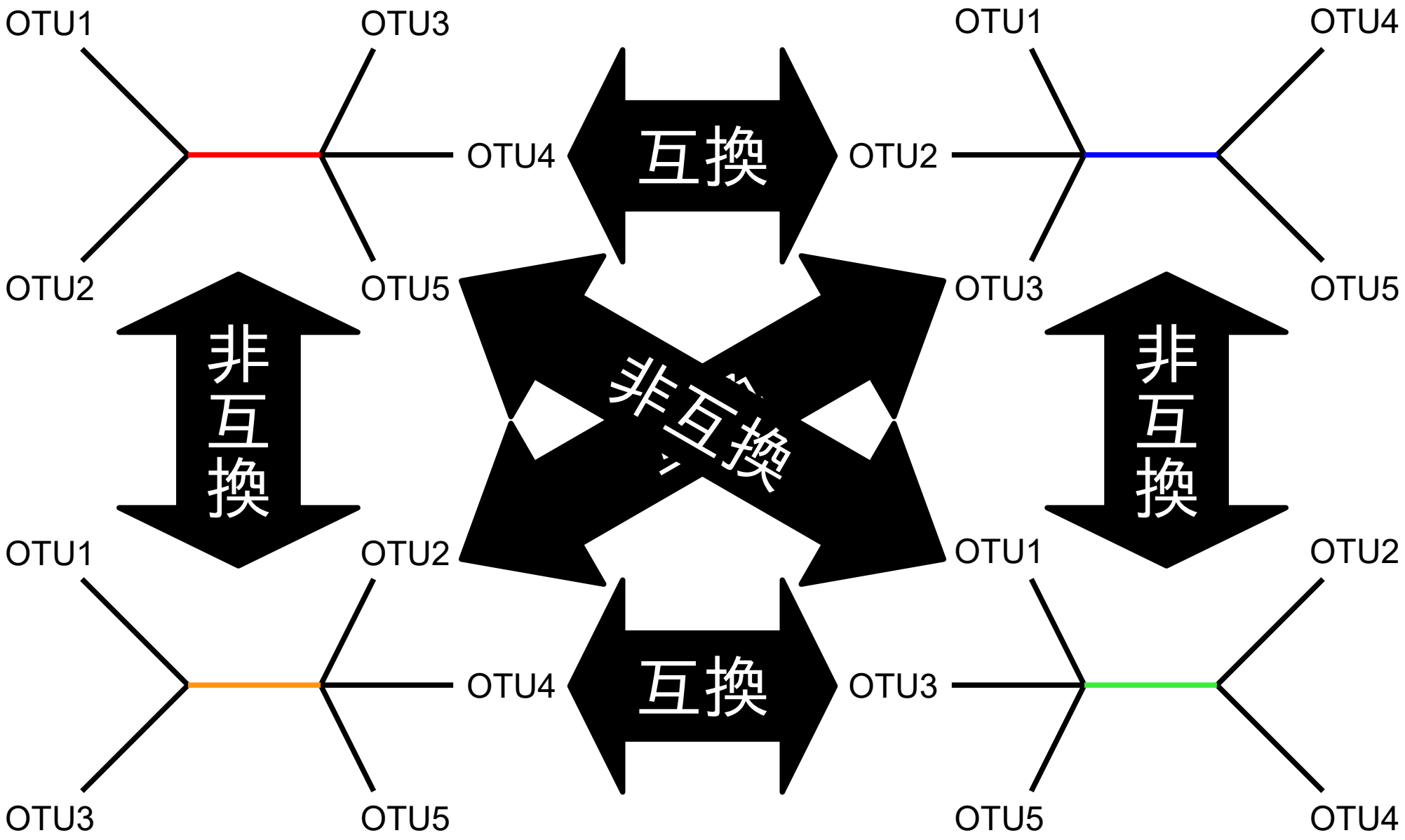

OTU1
OTU3
OTU4
OTU2
OTU5
互换
OTU1
OTU4
OTU2
OTU3
OTU5


OTU1
OTU2
OTU4
OTU3
OTU5
互换
OTU1
OTU2
OTU3
OTU5
OTU4


OTU1
OTU3
OTU4
OTU2
OTU5
互换
OTU1
OTU4
OTU2
OTU3
OTU5
非互换
OTU1
OTU2
OTU4
OTU3
OTU5
互换
OTU1
OTU2
OTU3
OTU5
OTU4


OTU1
OTU3
OTU4
OTU2
OTU5
互换
OTU1
OTU4
OTU2
OTU3
OTU5
非互换
非互换
OTU1
OTU2
OTU4
OTU3
OTU5
互换
OTU1
OTU2
OTU3
OTU5
OTU4


OTU1
OTU3
OTU4
OTU2
OTU5
互換
OTU1
OTU4
OTU2
OTU3
OTU5
非互換
互換
非互換
OTU1
OTU2
OTU4
OTU3
OTU5
互換
OTU1
OTU2
OTU3
OTU5
OTU4


OTU1
OTU3
OTU4
OTU2
OTU5
互换
OTU1
OTU4
OTU2
OTU3
OTU5
非互换
非互换
非互换
OTU1
OTU2
OTU4
OTU3
OTU5
互换
OTU1
OTU2
OTU3
OTU4
OTU5

系統仮説を比較する

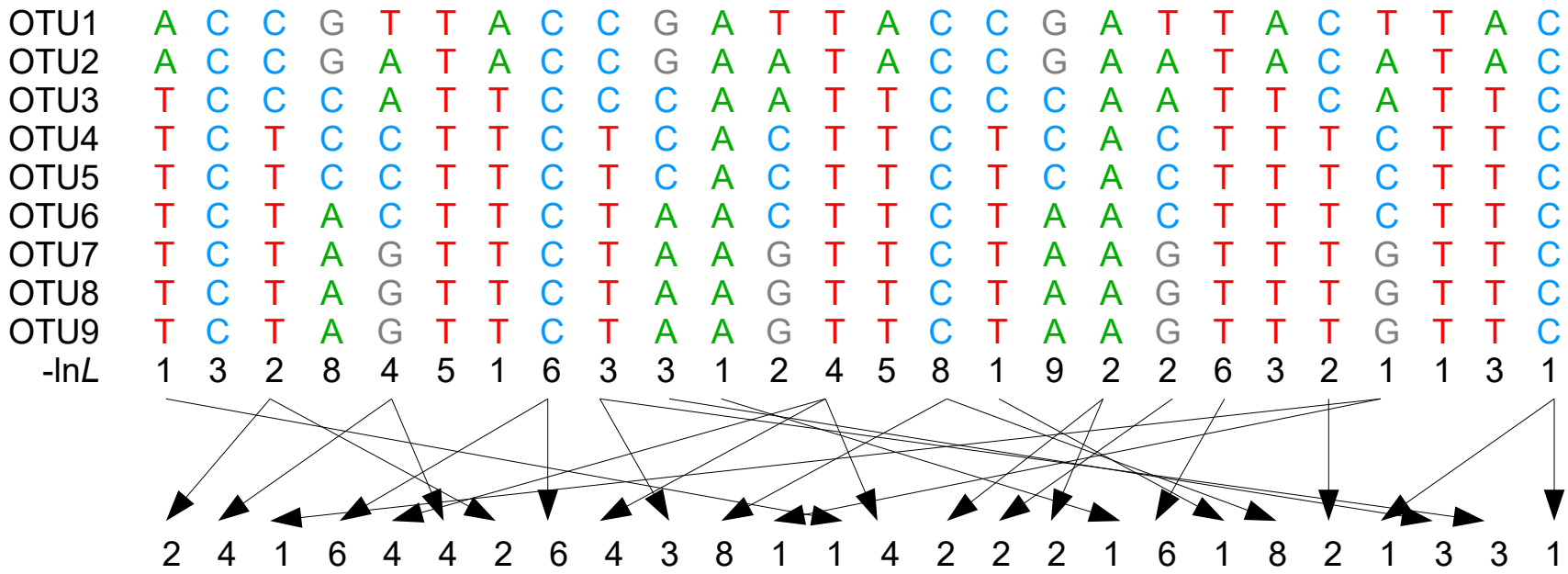
非互換な系統仮説を比較する

RELL

OTU1	A	C	C	G	T	T	A	C	C	G	A	T	T	A	C	C	G	A	T	T	A	C	T	T	A	C
OTU2	A	C	C	G	A	T	A	C	C	G	A	A	T	A	C	C	G	A	A	T	A	C	A	T	A	C
OTU3	T	C	C	C	A	T	T	C	C	C	A	A	T	T	C	C	C	A	A	T	T	C	A	T	T	C
OTU4	T	C	T	C	C	T	T	C	T	C	A	C	T	T	C	T	C	A	C	T	T	T	C	T	T	C
OTU5	T	C	T	C	C	T	T	C	T	C	A	C	T	T	C	T	C	A	C	T	T	T	C	T	T	C
OTU6	T	C	T	A	C	T	T	C	T	A	A	C	T	T	C	T	A	A	C	T	T	T	C	T	T	C
OTU7	T	C	T	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	T	G	T	T	C
OTU8	T	C	T	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	T	G	T	T	C
OTU9	T	C	T	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	T	G	T	T	C

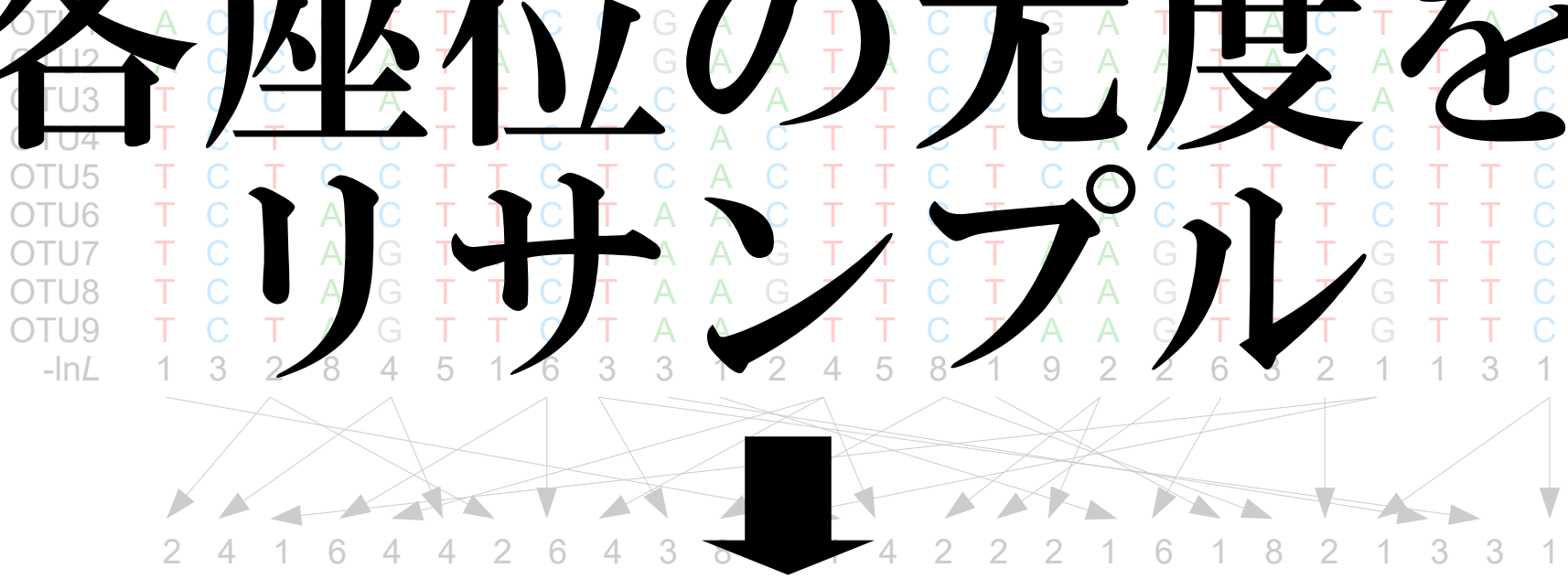
OTU1	A	C	C	G	T	T	A	C	C	G	A	T	T	A	C	C	G	A	T	T	A	C	T	T	A	C
OTU2	A	C	C	G	A	T	A	C	C	G	A	A	T	A	C	C	G	A	A	T	A	C	A	T	A	C
OTU3	T	C	C	C	A	T	T	C	C	C	A	A	T	T	C	C	C	A	A	T	T	C	A	T	T	C
OTU4	T	C	T	C	C	T	T	C	T	C	A	C	T	T	C	T	C	A	C	T	T	T	C	T	T	C
OTU5	T	C	T	C	C	T	T	C	T	C	A	C	T	T	C	T	C	A	C	T	T	T	C	T	T	C
OTU6	T	C	T	A	C	T	T	C	T	A	A	C	T	T	C	T	A	A	C	T	T	T	C	T	T	C
OTU7	T	C	T	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	T	G	T	T	C
OTU8	T	C	T	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	T	G	T	T	C
OTU9	T	C	T	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	C	T	A	A	G	T	T	T	G	T	T	C
-ln*L*	1	3	2	8	4	5	1	6	3	3	1	2	4	5	8	1	9	2	2	6	3	2	1	1	3	1

系統樹の尤度計算では、各座位の対数尤度を算出してから、
「全座位の対数尤度の和」を系統樹の対数尤度として用いている


OTU1 A C C G T T A C C G A T T A C C G A T T A C T T A C
OTU2 A C C G A T A C C G A A T A C C G A A T A C A T A C
OTU3 T C C C A T T C C C A A T T C C C A A T T C A T T C
OTU4 T C T C C T T C T C A C T T C T C A C T T T C T T C
OTU5 T C T C C T T C T C A C T T C T C A C T T T C T T C
OTU6 T C T A C T T C T A A C T T C T A A C T T T C T T C
OTU7 T C T A G T T C T A A G T T C T A A G T T T G T T C
OTU8 T C T A G T T C T A A G T T C T A A G T T T G T T C
OTU9 T C T A G T T C T A A G T T C T A A G T T T G T T C
-lnL 1 3 2 8 4 5 1 6 3 3 1 2 4 5 8 1 9 2 2 6 3 2 1 1 3 1
2 4 1 6 4 4 2 6 4 3 8 1 1 4 2 2 2 1 6 1 8 2 1 3 3 1

各座位の尤度をリサンプル

各座位の尤度をリサンプル



尤度の分散を推定

データを
リサンプルして
尤度最大化より
はるかに楽

RELL 法を応用した検定

RELL 法を応用した検定

- Kishino-Hasegawa 検定

RELL 法を応用した検定

- Kishino-Hasegawa 検定
  - 2 つの樹形の対数尤度比のバラツキを RELL 法により推定し， 0 よりも有意に大きいなら帰無仮説（尤度が等しい）を棄却する

RELL 法を応用した検定

- Kishino-Hasegawa 検定
  - 2 つの樹形の対数尤度比のバラツキを RELL 法により推定し， 0 よりも有意に大きいなら帰無仮説（尤度が等しい）を棄却する
- Shimodaira-Hasegawa 検定

RELL 法を応用した検定

- Kishino-Hasegawa 検定
  - 2 つの樹形の対数尤度比のバラツキを RELL 法により推定し，0 よりも有意に大きいなら帰無仮説（尤度が等しい）を棄却する
- Shimodaira-Hasegawa 検定
  - 3 つ以上の樹形を比較するときに FWER を統制して第 1 種の過誤を抑制する（そのかわり，第 2 種の過誤の危険が増大）

RELL 法を応用した検定

- Kishino-Hasegawa 検定
  - 2 つの樹形の対数尤度比のバラツキを RELL 法により推定し， 0 よりも有意に大きいなら帰無仮説（尤度が等しい）を棄却する
- Shimodaira-Hasegawa 検定
  - 3 つ以上の樹形を比較するときに FWER を統制して第 1 種の過誤を抑制する（そのかわり，第 2 種の過誤の危険が増大）
- 近似的に不偏な (Approximately Unbiased) 検定

RELL 法を応用した検定

- Kishino-Hasegawa 検定
  - 2 つの樹形の対数尤度比のバラツキを RELL 法により推定し，0 よりも有意に大きいなら帰無仮説（尤度が等しい）を棄却する
- Shimodaira-Hasegawa 検定
  - 3 つ以上の樹形を比較するときに FWER を統制して第 1 種の過誤を抑制する（そのかわり，第 2 種の過誤の危険が増大）
- 近似的に不偏な (Approximately Unbiased) 検定
  - マルチスケールブートストラップにより第 1 種の過誤と第 2 種の過誤の両方を抑制する

いつやるか

いつやるか

- 最尤系統樹の中で特に重要な系統仮説を検証する

いつやるか

- 最尤系統樹の中で特に重要な系統仮説を検証する
- 既知の対立する系統仮説を比較する

仮説検定の手順

仮説検定の手順

- 比較する非互換な系統仮説を 2 つ以上用意する

比較する非互換な仮説を 2 つ以上用意する

比較する非互換な仮説を 2 つ以上用意する

- 最尤系統樹の中で特に重要な系統仮説を検証する場合

比較する非互換な仮説を 2 つ以上用意する

- 最尤系統樹の中で特に重要な系統仮説を検証する場合
  - 最尤系統樹中の系統仮説と、対立する仮説 1 つ以上をブートストラップ解析の結果から抽出する

比較する非互換な仮説を 2 つ以上用意する

- 最尤系統樹の中で特に重要な系統仮説を検証する場合
  - 最尤系統樹中の系統仮説と、対立する仮説 1 つ以上をブートストラップ解析の結果から抽出する
- 既知の対立する系統仮説を比較する場合

比較する非互換な仮説を 2 つ以上用意する

- 最尤系統樹の中で特に重要な系統仮説を検証する場合
  - 最尤系統樹中の系統仮説と、対立する仮説 1 つ以上をブートストラップ解析の結果から抽出する
- 既知の対立する系統仮説を比較する場合
  - 既存の系統仮説を系統樹化したファイルを用意する

比較する非互換な仮説を 2 つ以上用意する

- 最尤系統樹の中で特に重要な系統仮説を検証する場合
  - 最尤系統樹中の系統仮説と、対立する仮説 1 つ以上をブートストラップ解析の結果から抽出する
- 既知の対立する系統仮説を比較する場合
  - 既存の系統仮説を系統樹化したファイルを用意する
    - (OTU1,OTU2,OTU3,(OTU4,OTU5));

仮説検定の手順

- 比較する非互換な系統仮説を 2 つ以上用意する
- 各系統仮説を満たす系統樹の中で尤度最大の系統樹を用意する

仮説検定の手順

- 比較する非互換な系統仮説を 2 つ以上用意する
- 各系統仮説を満たす系統樹の中で尤度最大の系統樹を用意する
  - 樹形制約付き最尤系統樹推定

仮説検定の手順

- 比較する非互換な系統仮説を 2 つ以上用意する
- 各系統仮説を満たす系統樹の中で尤度最大の系統樹を用意する
  - 樹形制約付き最尤系統樹推定
- 各系統樹の各座位の尤度を計算

仮説検定の手順

- 比較する非互換な系統仮説を 2 つ以上用意する
- 各系統仮説を満たす系統樹の中で尤度最大の系統樹を用意する
  - 樹形制約付き最尤系統樹推定
- 各系統樹の各座位の尤度を計算
- 各座位の尤度をリサンプルして検定する