Supplemental file to "Testing for heterogeneous rates of discrete character evolution on phylogenies" – hidden-rate analysis of *Anolis* caudal vertebrae number

Liam J. Revell et al.

2024-09-17

```r
## load packages
library(phytools)
```

```
## Loading required package: ape
## Loading required package: maps
```

```r
library(foreach)
library(doParallel)
```

```
## Loading required package: iterators
## Loading required package: parallel
```

```r
## load data & results from non-HRM analysis
load("../morph-analysis/morph-analysis.Rdata")
```

```r
## build hidden-rates model
nn<-c(colnames(anolis_vert),paste(colnames(anolis_vert),"*",sep=""))
MODEL<-matrix(0,length(nn),length(nn),dimnames=list(nn,nn))

for(i in 1:(ncol(anolis_vert)-1)){
  MODEL[i,i+1]<-1
  MODEL[i+1,i]<-2
  MODEL[i+ncol(anolis_vert),i+1+ncol(anolis_vert)]<-3
  MODEL[i+1+ncol(anolis_vert),i+ncol(anolis_vert)]<-4
}
for(i in 1:ncol(anolis_vert)){
  MODEL[i,i+ncol(anolis_vert)]<-5
  MODEL[i+ncol(anolis_vert),i]<-6
}
anolis_vert.hidden<-cbind(anolis_vert,anolis_vert)
colnames(anolis_vert.hidden)<-nn
```

```r
## fit hidden-rates model
## set number of optimization iterations per model
niter<-20
## open cluster for parallelized optimization
ncores<-min(niter,parallel::detectCores()-2)
mc<-makeCluster(ncores,type="PSOCK")
registerDoParallel(cl=mc)
fits<-foreach(i=1:niter)%dopar%{
```

```r
  phytools::fitMk(pruned.anolis_tree,
  anolis_vert.hidden,model=MODEL,
  rand_start=TRUE)
}
stopCluster(cl=mc)
logL<-sapply(fits,logLik)
print(logL)
```

```
##  [1] -302.7425 -297.4101 -297.4689 -296.3706 -302.7425 -296.3706 -296.3706
##  [8] -296.5782 -296.3706 -296.5664 -296.3706 -296.3706 -305.0230 -296.3706
## [15] -302.7425 -300.8120 -296.3706 -296.3706 -296.3706 -296.3706
```

```r
fit.hrm<-fits[[which.max(logL)[1]]]
fit.hrm
```

```
## Object of class "fitMk".
##
## Fitted (or set) value of Q:
##             34        35        36        37        38        39        40
## 34  -0.067088  0.050700  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35   0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 36   0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000  0.000000  0.000000
## 37   0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000  0.000000
## 38   0.000000  0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000
## 39   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700
## 40   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435
## 41   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.010347
## 42   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 43   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 44   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 45   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 46   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 47   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 48   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 49   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 50   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 51   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 52   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 53   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 54   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 55   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 34*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 36*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 37*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 38*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 39*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 40*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 41*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 42*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 43*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 44*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 45*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 46*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 47*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
```

```
## 48*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 49*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 50*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 51*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 52*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 53*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 54*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 55*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
##            41        42        43        44        45        46        47
## 34   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 36   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 37   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 38   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 39   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 40   0.050700  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 41  -0.077435  0.050700  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 42   0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 43   0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000  0.000000  0.000000
## 44   0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000  0.000000
## 45   0.000000  0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000
## 46   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700
## 47   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435
## 48   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.010347
## 49   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 50   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 51   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 52   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 53   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 54   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 55   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 34*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 36*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 37*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 38*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 39*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 40*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 41*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 42*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 43*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 44*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 45*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 46*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 47*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 48*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 49*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 50*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 51*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 52*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 53*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 54*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 55*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
##            48        49        50        51        52        53        54
```

```
## 34   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 36   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 37   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 38   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 39   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 40   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 41   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 42   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 43   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 44   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 45   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 46   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 47   0.050700  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 48  -0.077435  0.050700  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 49   0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 50   0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000  0.000000  0.000000
## 51   0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000  0.000000
## 52   0.000000  0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700  0.000000
## 53   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435  0.050700
## 54   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.010347 -0.077435
## 55   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.010347
## 34*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 36*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 37*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 38*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 39*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 40*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 41*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 42*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 43*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 44*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 45*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 46*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 47*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 48*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 49*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 50*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 51*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 52*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 53*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 54*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 55*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
##            55       34*       35*       36*       37*       38*       39*
## 34   0.000000  0.016388  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35   0.000000  0.000000  0.016388  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 36   0.000000  0.000000  0.000000  0.016388  0.000000  0.000000  0.000000
## 37   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.016388  0.000000  0.000000
## 38   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.016388  0.000000
## 39   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.016388
## 40   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 41   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 42   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
```

```
## 43   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 44   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 45   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 46   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 47   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 48   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 49   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 50   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 51   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 52   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 53   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 54   0.050700  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 55  -0.026735  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 34*  0.000000 -0.466505  0.466505  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35*  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505  0.000000  0.000000  0.000000
## 36*  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505  0.000000  0.000000
## 37*  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505  0.000000
## 38*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505
## 39*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769
## 40*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264
## 41*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 42*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 43*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 44*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 45*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 46*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 47*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 48*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 49*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 50*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 51*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 52*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 53*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 54*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 55*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
##           40*       41*       42*       43*       44*       45*       46*
## 34   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 36   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 37   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 38   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 39   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 40   0.016388  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 41   0.000000  0.016388  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 42   0.000000  0.000000  0.016388  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 43   0.000000  0.000000  0.000000  0.016388  0.000000  0.000000  0.000000
## 44   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.016388  0.000000  0.000000
## 45   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.016388  0.000000
## 46   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.016388
## 47   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 48   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 49   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 50   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 51   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
```

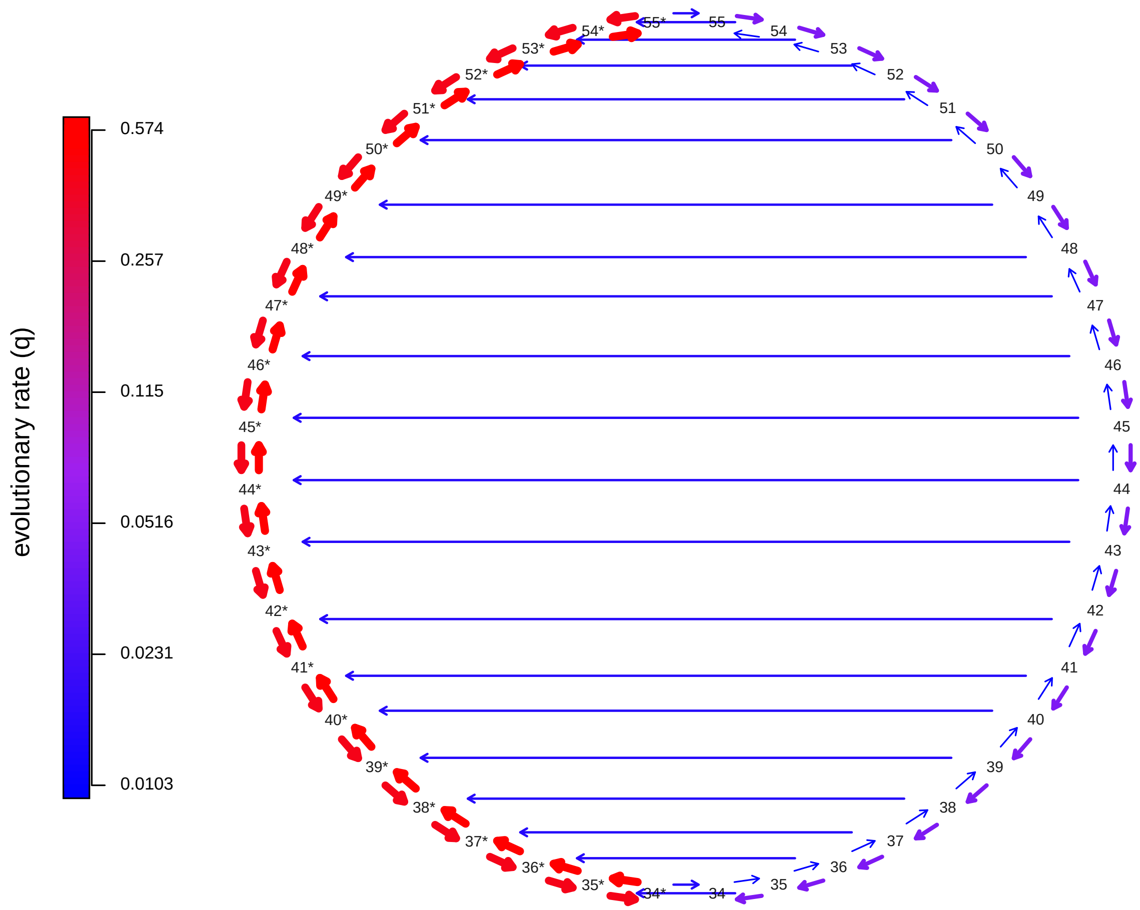
```
## 52   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 53   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 54   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 55   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 34*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 36*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 37*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 38*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 39*  0.466505  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 40* -1.040769  0.466505  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 41*  0.574264 -1.040769  0.466505  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 42*  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505  0.000000  0.000000  0.000000
## 43*  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505  0.000000  0.000000
## 44*  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505  0.000000
## 45*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505
## 46*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769
## 47*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264
## 48*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 49*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 50*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 51*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 52*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 53*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 54*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 55*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
##           47*       48*       49*       50*       51*       52*       53*
## 34   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 36   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 37   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 38   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 39   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 40   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 41   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 42   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 43   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 44   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 45   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 46   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 47   0.016388  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 48   0.000000  0.016388  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 49   0.000000  0.000000  0.016388  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 50   0.000000  0.000000  0.000000  0.016388  0.000000  0.000000  0.000000
## 51   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.016388  0.000000  0.000000
## 52   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.016388  0.000000
## 53   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.016388
## 54   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 55   0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 34*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 35*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 36*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 37*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 38*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
```

```
## 39*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 40*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 41*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 42*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 43*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 44*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 45*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 46*  0.466505  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 47* -1.040769  0.466505  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 48*  0.574264 -1.040769  0.466505  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
## 49*  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505  0.000000  0.000000  0.000000
## 50*  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505  0.000000  0.000000
## 51*  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505  0.000000
## 52*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769  0.466505
## 53*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264 -1.040769
## 54*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.574264
## 55*  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000  0.000000
##           54*       55*
## 34   0.000000  0.000000
## 35   0.000000  0.000000
## 36   0.000000  0.000000
## 37   0.000000  0.000000
## 38   0.000000  0.000000
## 39   0.000000  0.000000
## 40   0.000000  0.000000
## 41   0.000000  0.000000
## 42   0.000000  0.000000
## 43   0.000000  0.000000
## 44   0.000000  0.000000
## 45   0.000000  0.000000
## 46   0.000000  0.000000
## 47   0.000000  0.000000
## 48   0.000000  0.000000
## 49   0.000000  0.000000
## 50   0.000000  0.000000
## 51   0.000000  0.000000
## 52   0.000000  0.000000
## 53   0.000000  0.000000
## 54   0.016388  0.000000
## 55   0.000000  0.016388
## 34*  0.000000  0.000000
## 35*  0.000000  0.000000
## 36*  0.000000  0.000000
## 37*  0.000000  0.000000
## 38*  0.000000  0.000000
## 39*  0.000000  0.000000
## 40*  0.000000  0.000000
## 41*  0.000000  0.000000
## 42*  0.000000  0.000000
## 43*  0.000000  0.000000
## 44*  0.000000  0.000000
## 45*  0.000000  0.000000
## 46*  0.000000  0.000000
## 47*  0.000000  0.000000
```

```
## 48*  0.000000  0.000000
## 49*  0.000000  0.000000
## 50*  0.000000  0.000000
## 51*  0.000000  0.000000
## 52*  0.000000  0.000000
## 53*  0.466505  0.000000
## 54* -1.040769  0.466505
## 55*  0.574264 -0.574264
##
## Fitted (or set) value of pi:
##       34       35       36       37       38       39       40       41
## 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727
##       42       43       44       45       46       47       48       49
## 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727
##       50       51       52       53       54       55      34*      35*
## 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727
##      36*      37*      38*      39*      40*      41*      42*      43*
## 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727
##      44*      45*      46*      47*      48*      49*      50*      51*
## 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727
##      52*      53*      54*      55*
## 0.022727 0.022727 0.022727 0.022727
## due to treating the root prior as (a) flat.
##
## Log-likelihood: -296.37057
##
## Optimization method used was "nlminb"
##
## R thinks it has found the ML solution.
```

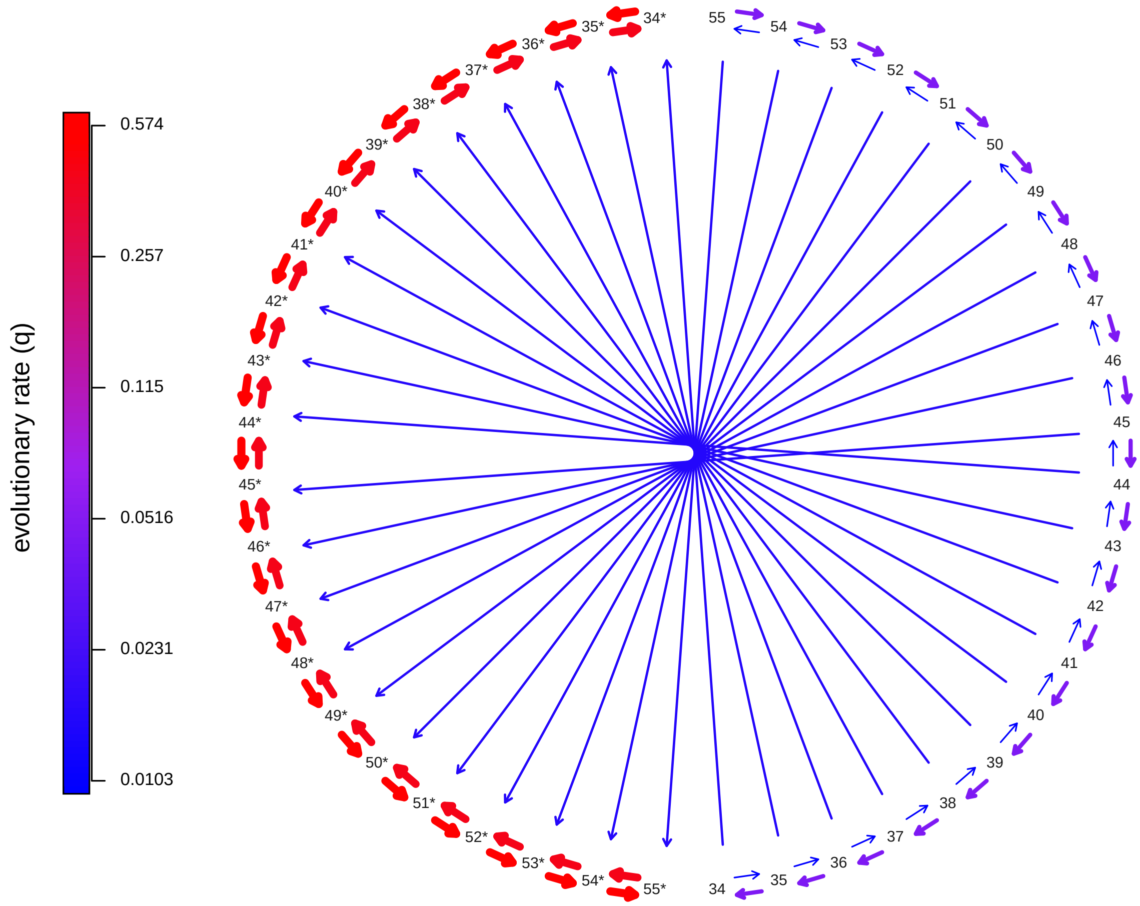
```
Q<-as.Qmatrix(fit.hrm)
nc<-ncol(Q)
ind<-c(1:(nc/2),(nc/2):1+nc/2)
Q<-Q[ind,ind]
Q<-as.Qmatrix(Q)
```

```
plot(Q,text=FALSE,cex.traits=0.6,width=TRUE,
  max.lwd=5,color=TRUE,xlim=c(-1.5,1),ylim=c(-1,1),
  show.zeros=FALSE)
```




```
## pdf
##   2
```

```
plot(fit.hrm,text=FALSE,cex.traits=0.6,width=TRUE,
  max.lwd=5,color=TRUE,xlim=c(-1.5,1),ylim=c(-1,1),
  show.zeros=FALSE)
```




```
## pdf
##   2
```

```r
best_so_far<-fit.hrm
## compare models
anova(fit.single,fit.multi,fit.hrm)
```

```
##                log(L) d.f.      AIC      weight
## fit.single -305.0839    2 614.1679 0.008872567
## fit.multi  -304.3583    4 616.7166 0.002480877
## fit.hrm    -296.3706    6 604.7411 0.988646556
```

```r
## save results
save(fit.hrm,file="morph-hrm-analysis.rda")
```