

JAIST 高専インターンシップ

群馬高専 松本翔二郎

2019/08/19~2019/08/30 (実働10日)

課題

- 航空路線網のrewiringにおける距離の制約の追加

対象データ

EU FSC

EU FSC+LCC

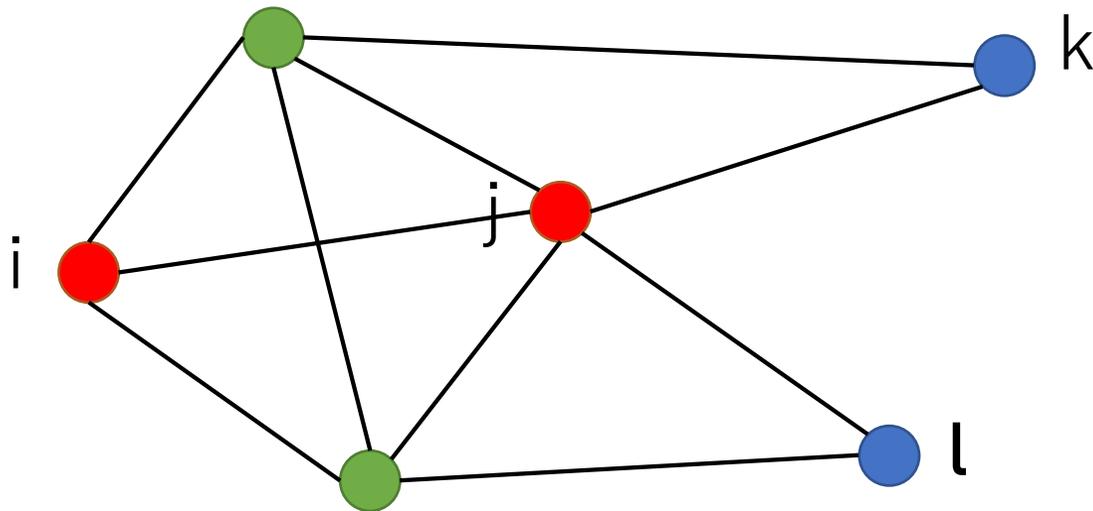
USA FSC

USA FSC+LCC

計 4つ

Riwiring(制約なし) 方法 by 中条

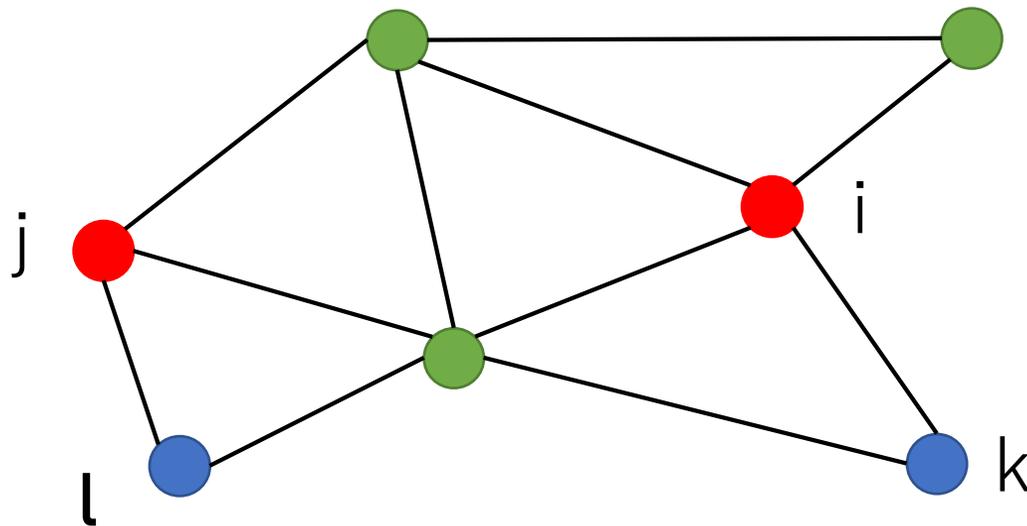
- 次数を保存しない
 1. 連結ノード対の中で q_0 の和が最大となるもの (i,j) を選ぶ
 2. 非連結ノード対の中で q_0 の和が最小となるもの (k,l) を選ぶ
 3. エッジ (i,j) を取り除き、エッジ (k,l) を追加する



Riwiring(制約なし) 方法 by 中条

・次数を保存する

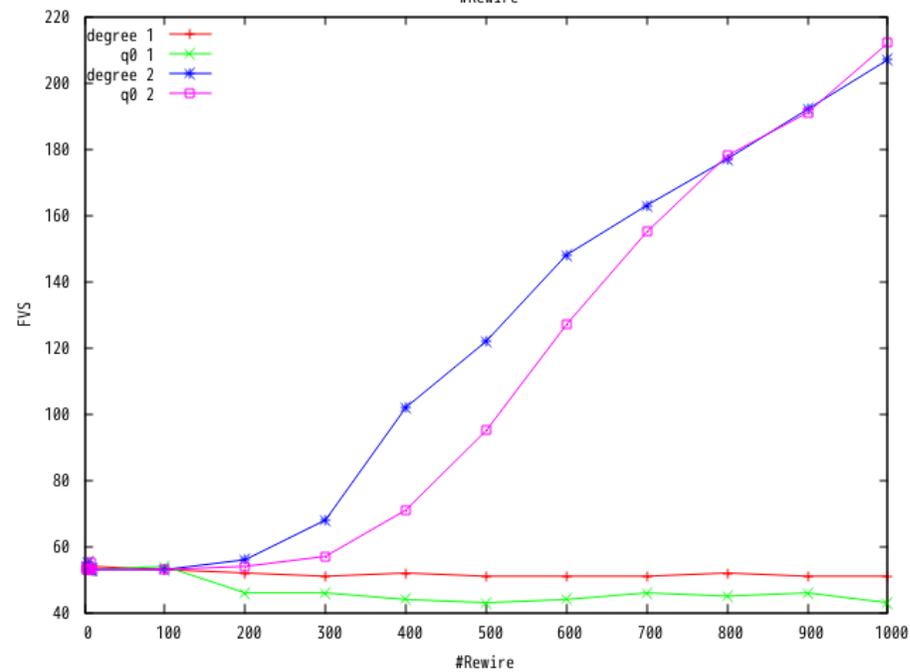
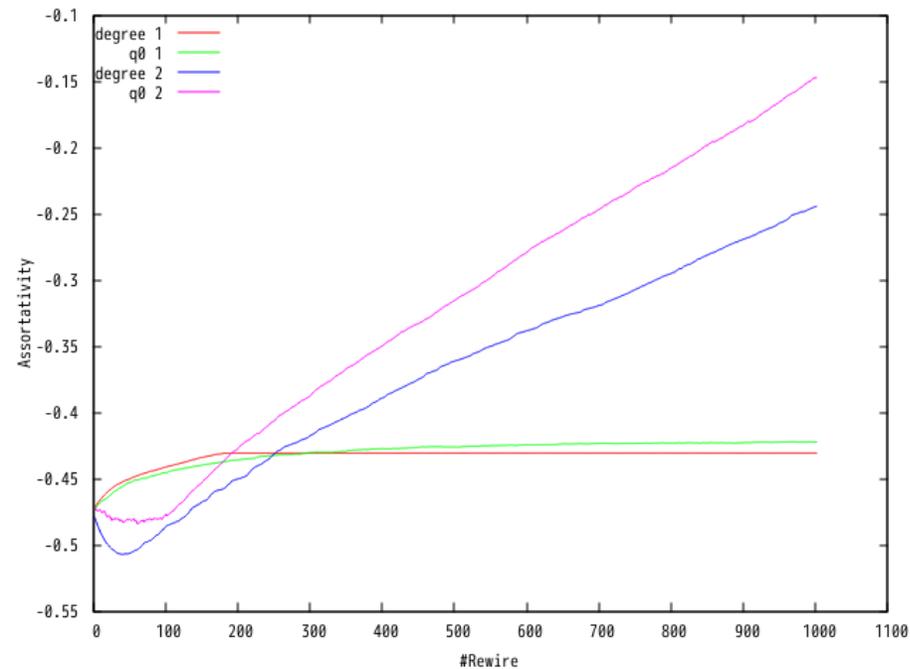
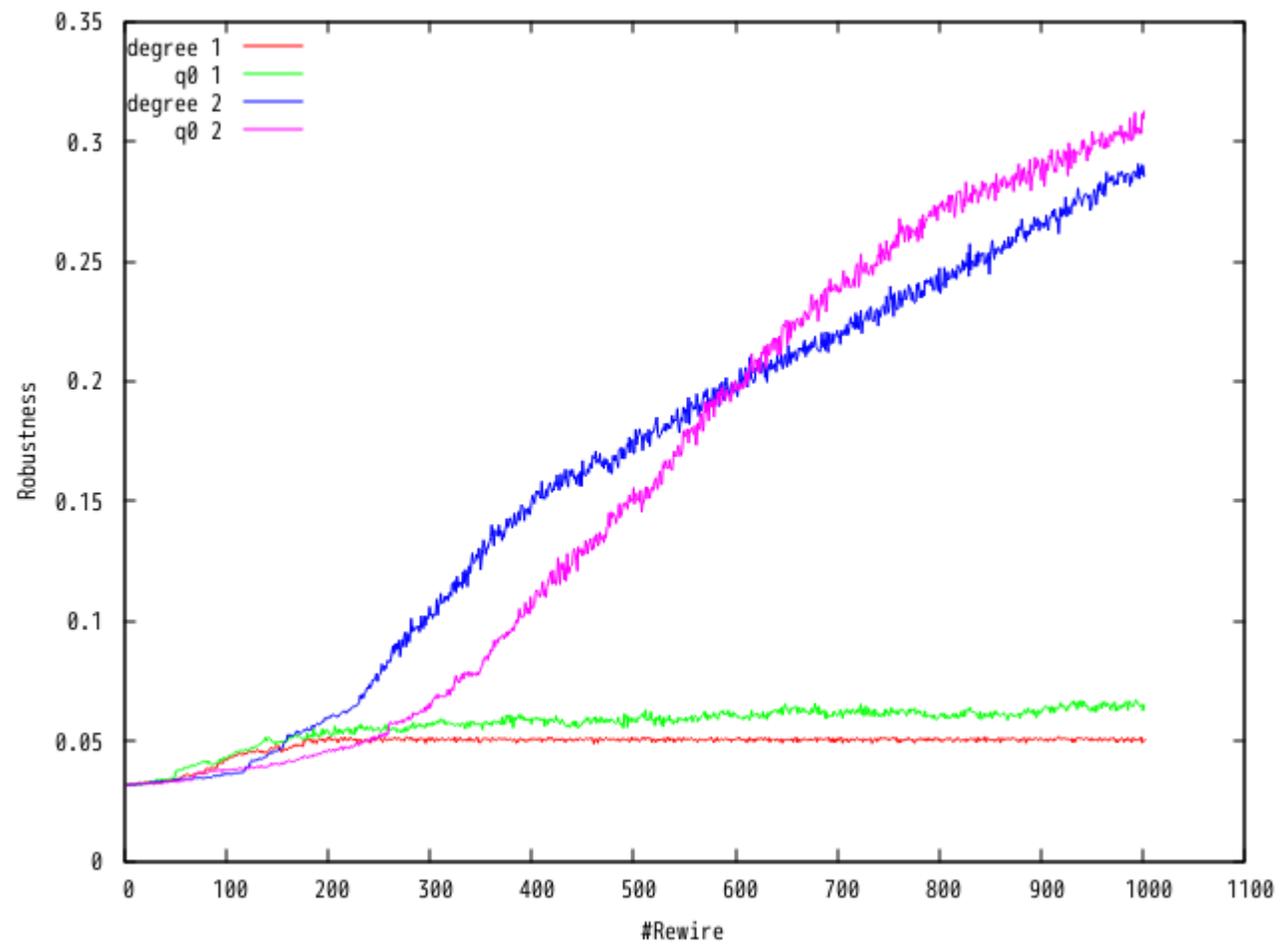
1. 非連結ノード対の中で q_0 の和が最大となるもの (i,j) を選ぶ
2. そのノードのエッジの中で最小の q_0 をもつノード (k) を対とするもの (i,k) を選ぶ
この時、次数は2以上のものを選ぶ（非連結になるのを防ぐため）
3. ノード (j) のエッジの中で、ノード (k) と隣接しないノードを対に持ち、
その中で q_0 が最小となるもの (j,l) を選ぶ
4. エッジ $(i,k),(j,l)$ を取り除き、エッジ $(i,j),(k,l)$ を追加する



Riwiring(制約なし) 実行結果 by 中条

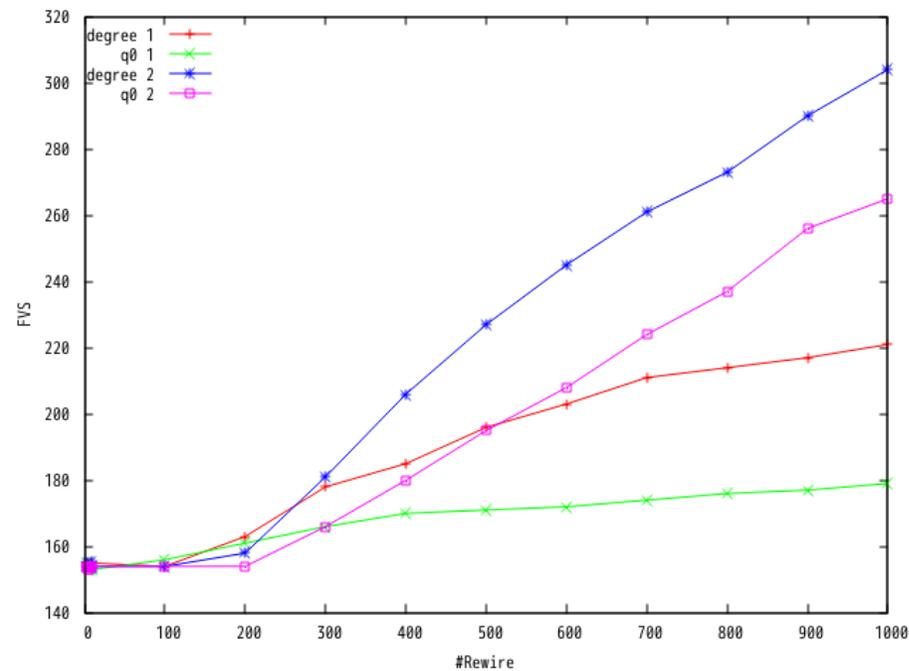
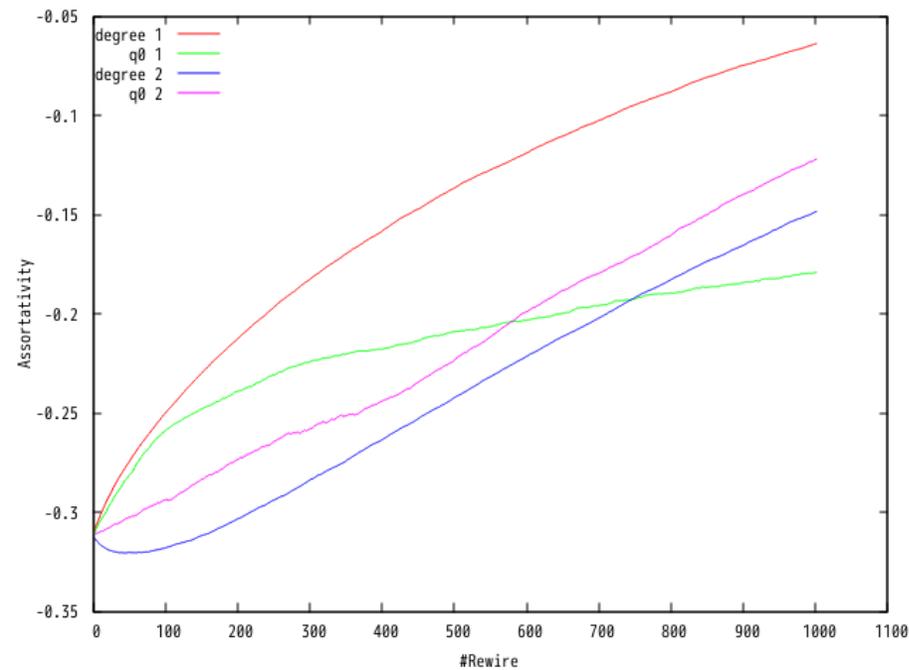
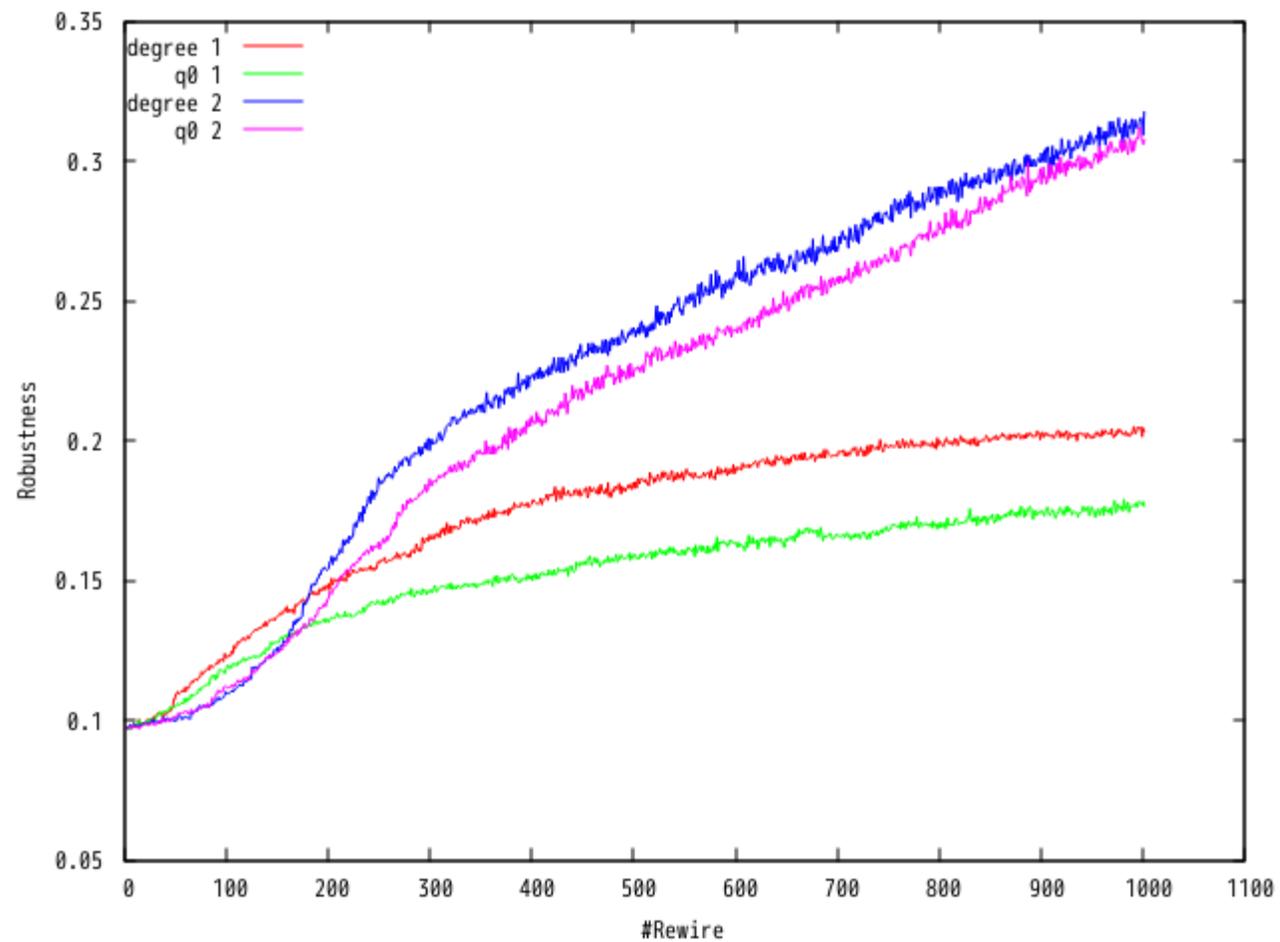
EU FSC

N=599 M=2407



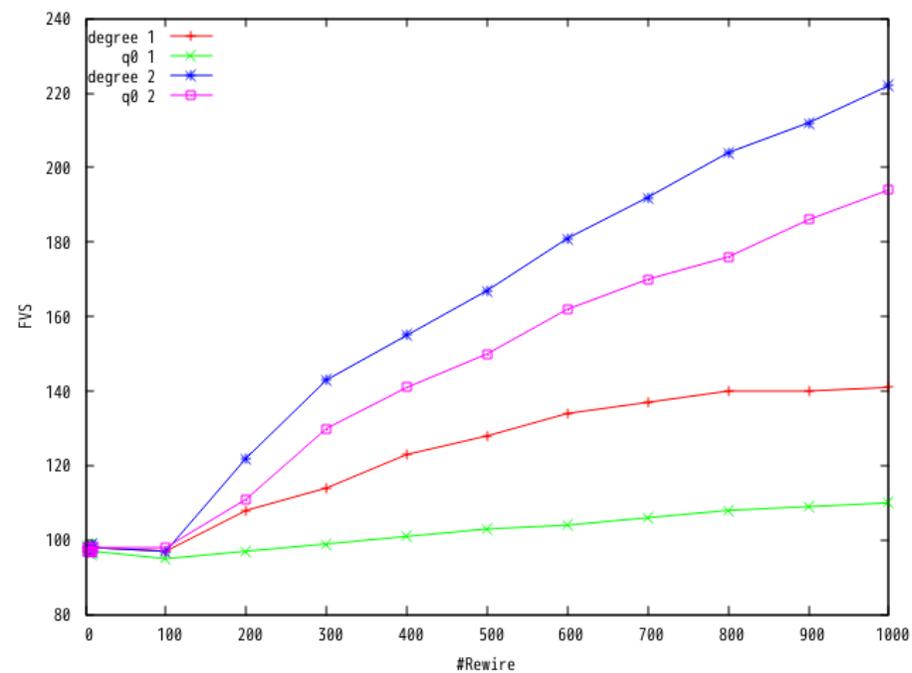
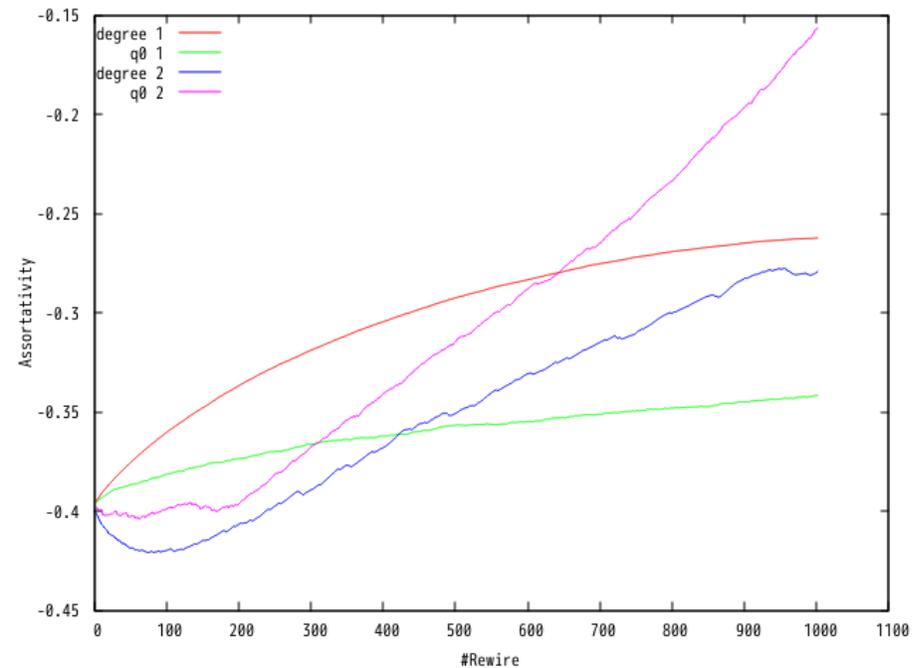
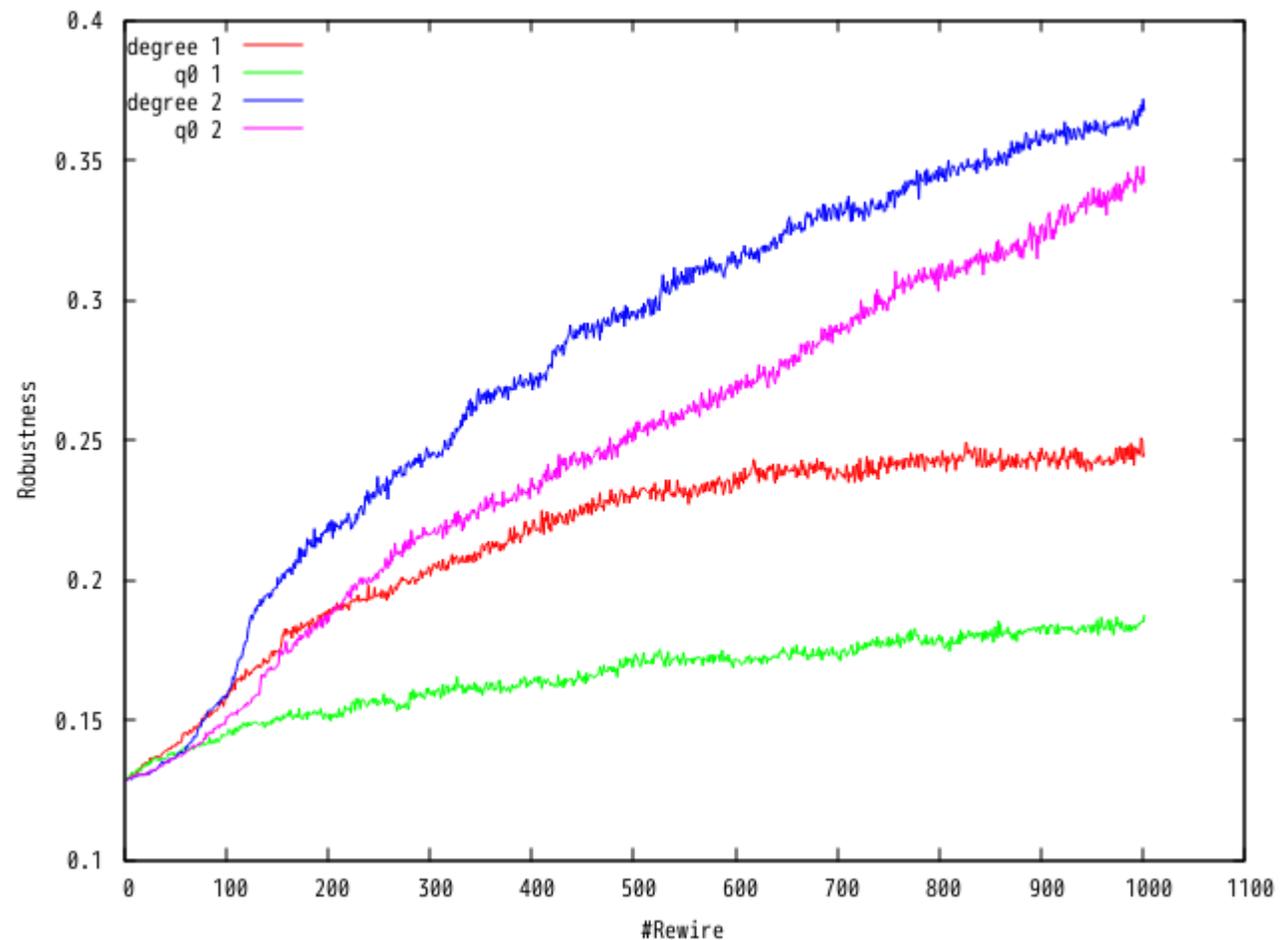
Riwiring(制約なし) 実行結果 by 中条

EU FSC+LCC
N=717 M=8454



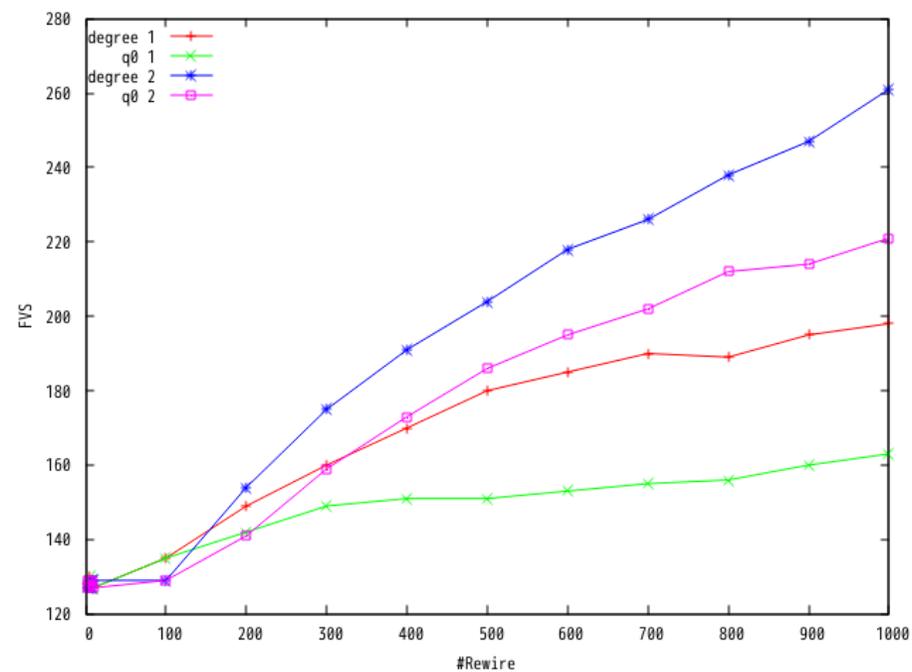
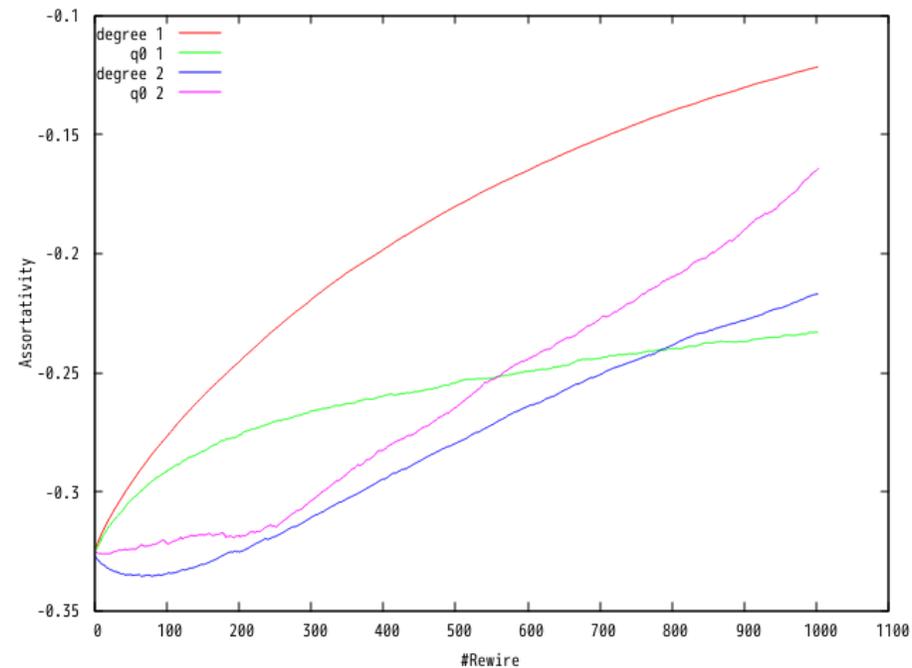
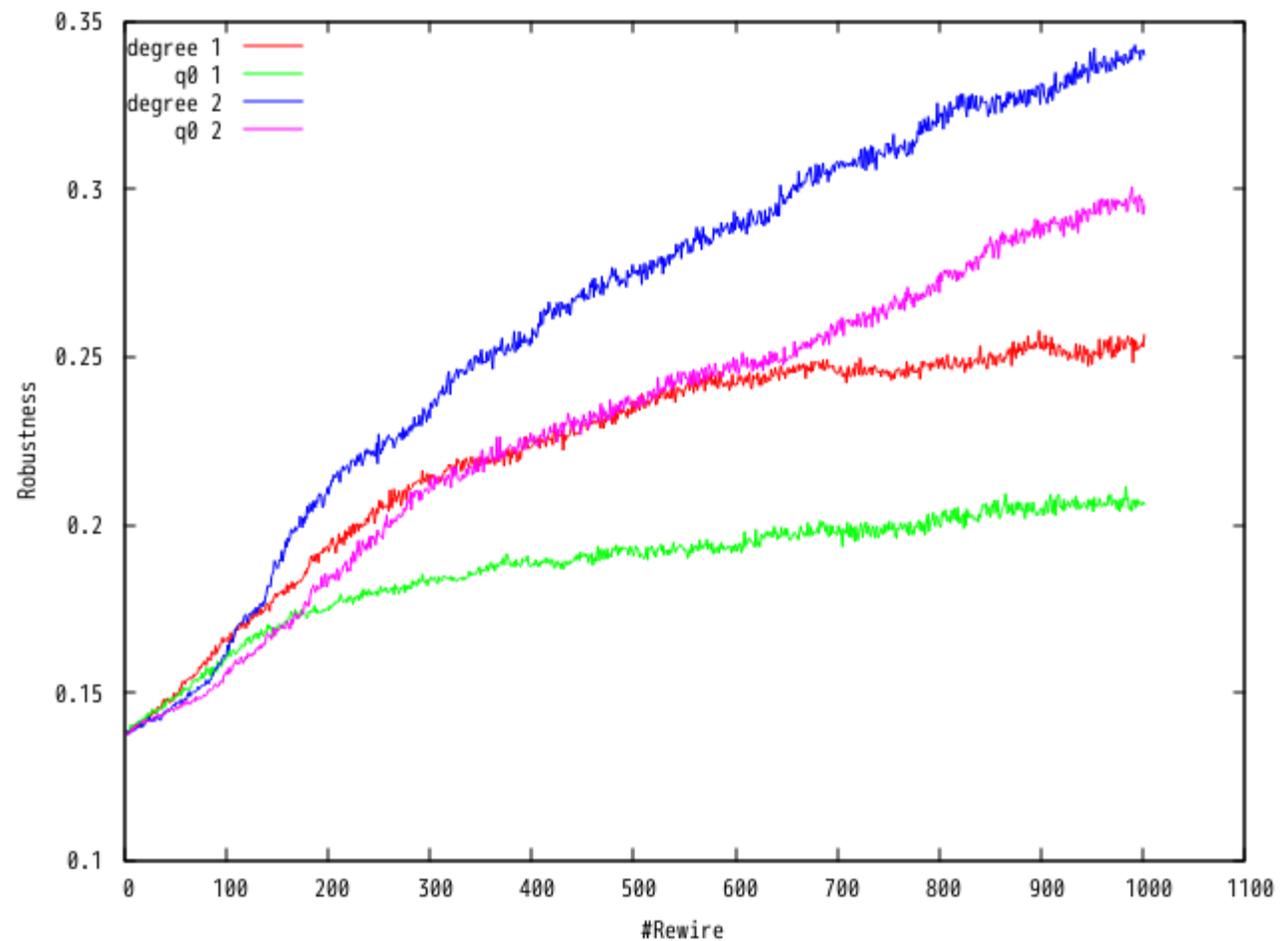
Riwiring(制約なし) 実行結果 by 中条

USA FSC
N=428 M=4610



Riwiring(制約なし) 実行結果 by 中条

USA FSC+LCC
N=548 M=6930



Riwiring(制約なし) 別手法

- 次数を保存しない

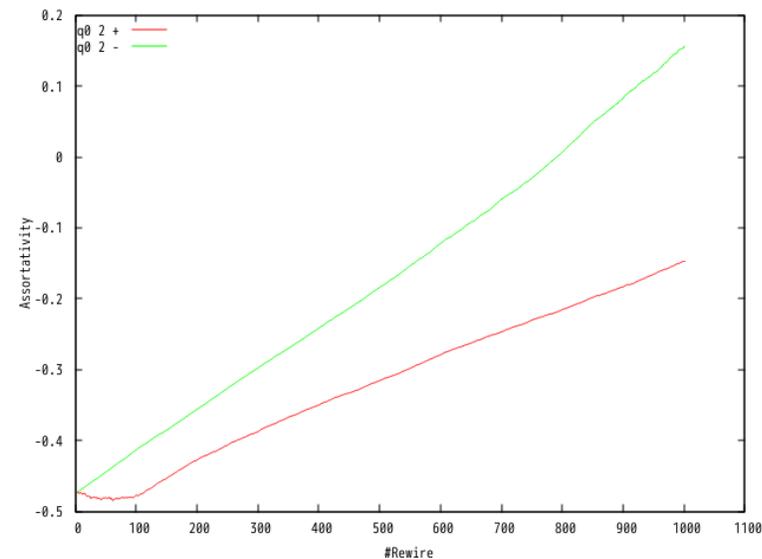
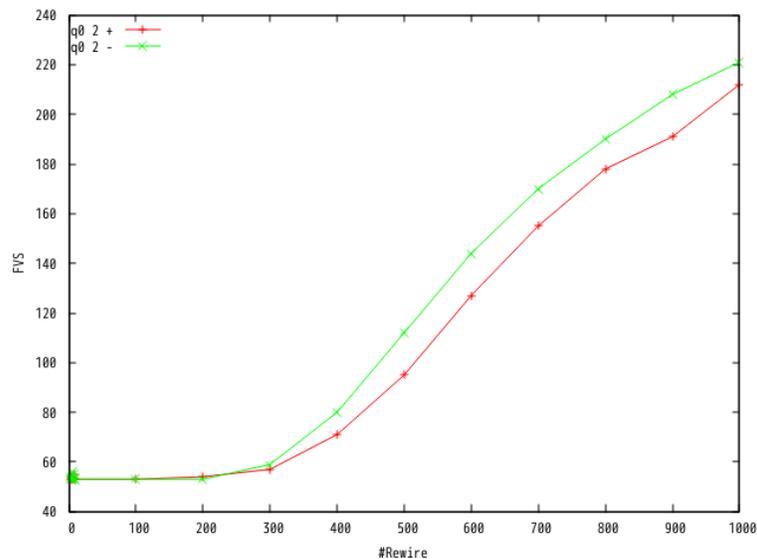
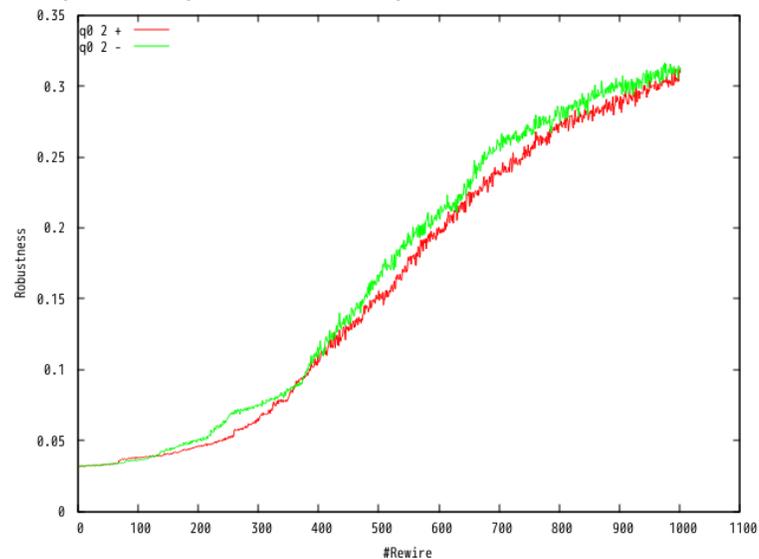
1. 連結ノード対の中で ~~q_0 の和~~が最大となるもの (i,j) を選ぶ
2. 非連結ノード対の中で q_0 の和が最小となるもの (k,l) を選ぶ
3. エッジ (i,j) を取り除き、エッジ (k,l) を追加する

q_0 の差の絶対値

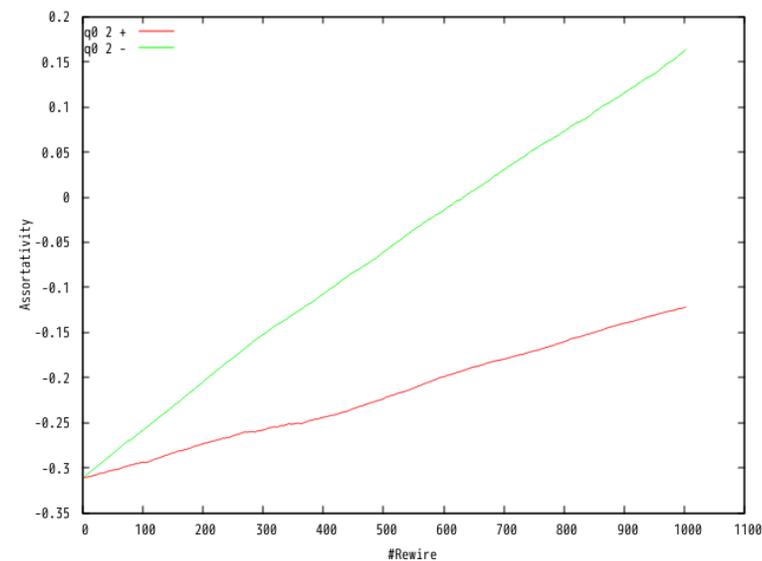
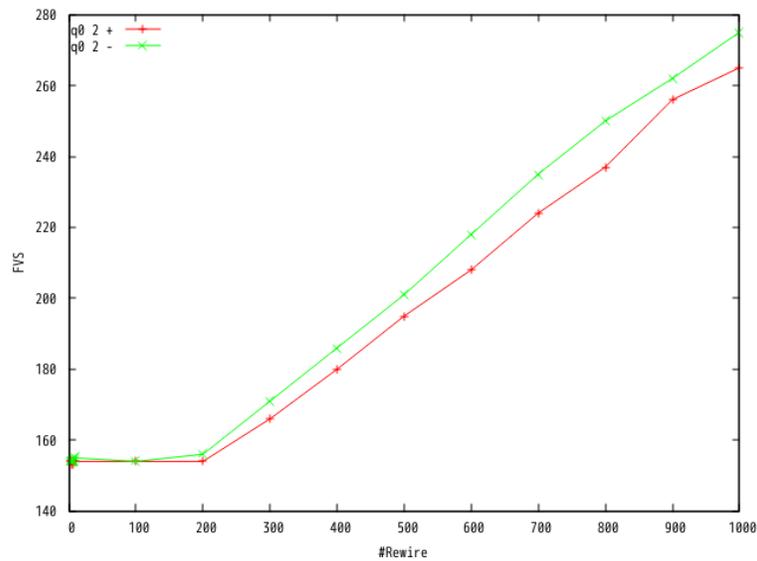
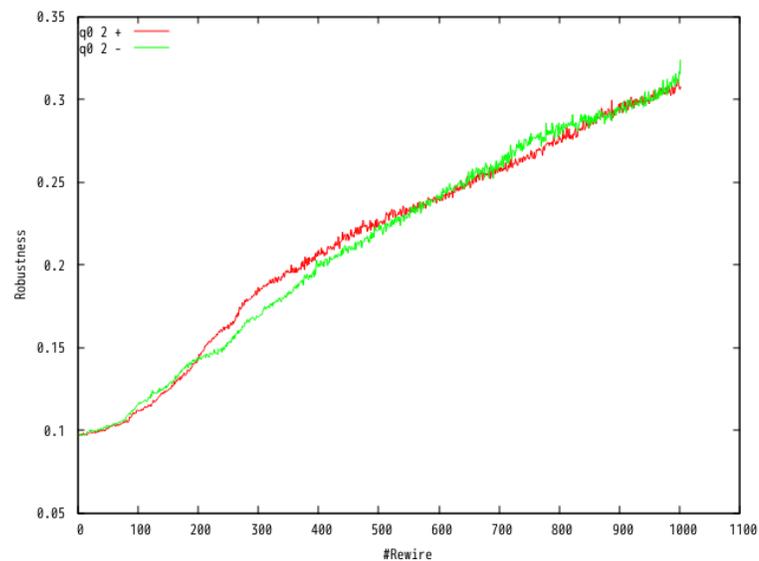


Riwiring(制約なし) 取り除くエッジ q_0 の和or差 の比較(次数保存 q_0 基準)

EU, FSC, N=599, M=2407

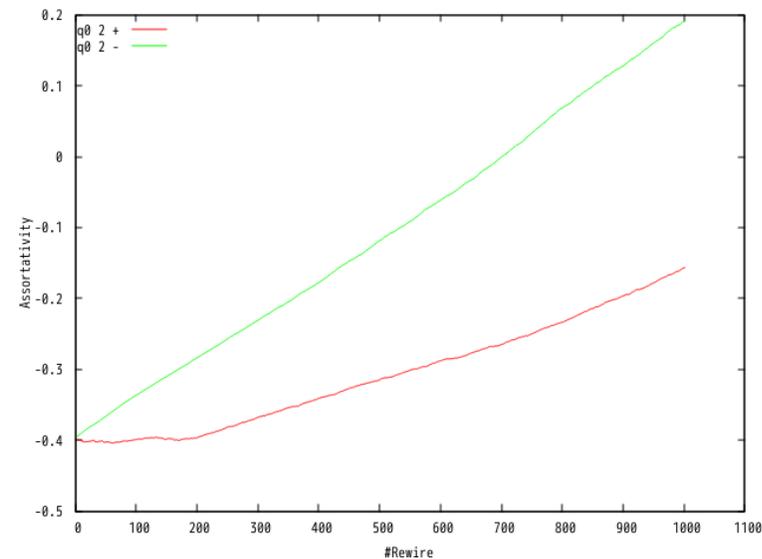
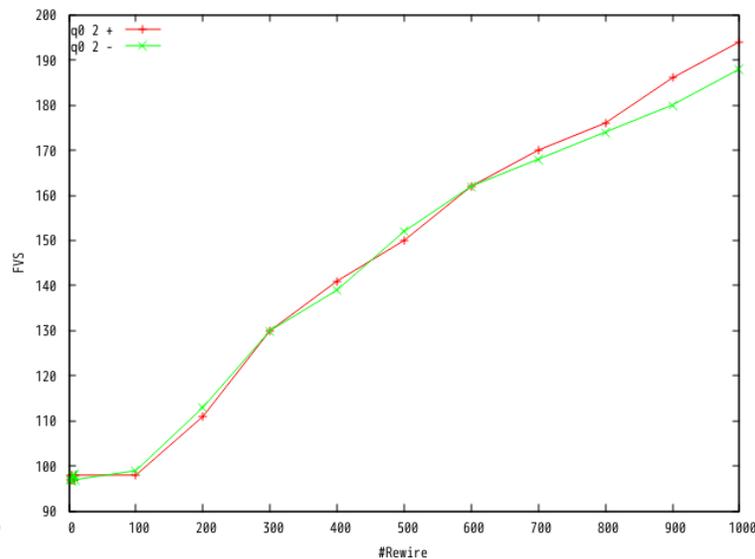
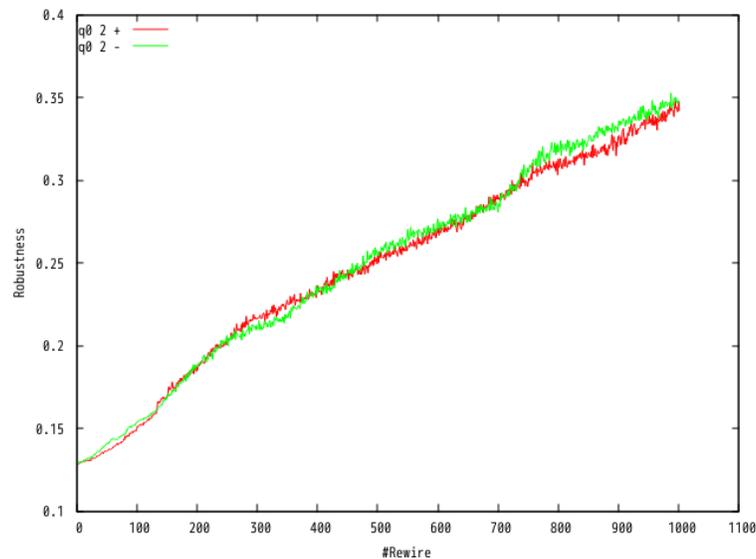


EU, FSC+LCC, N=717, M=8485

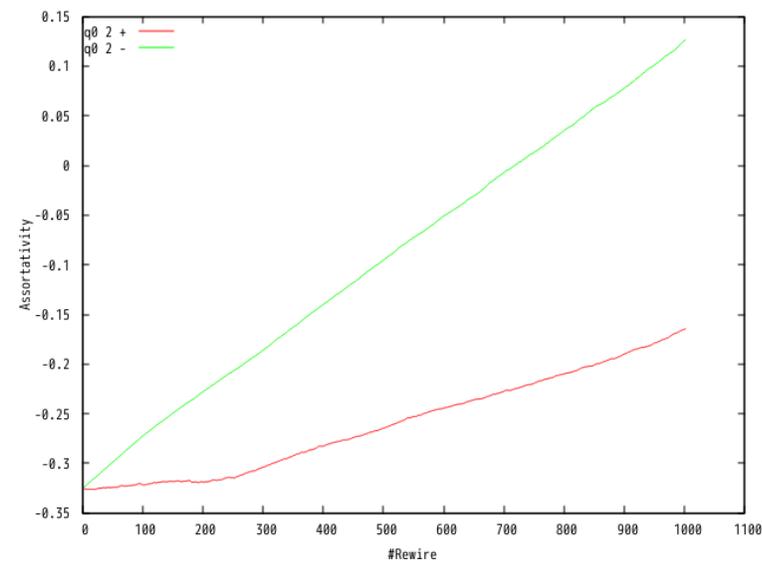
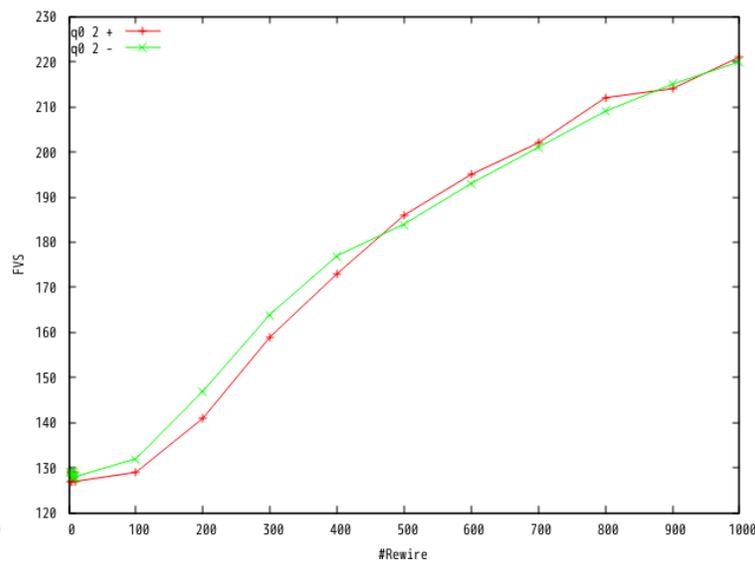
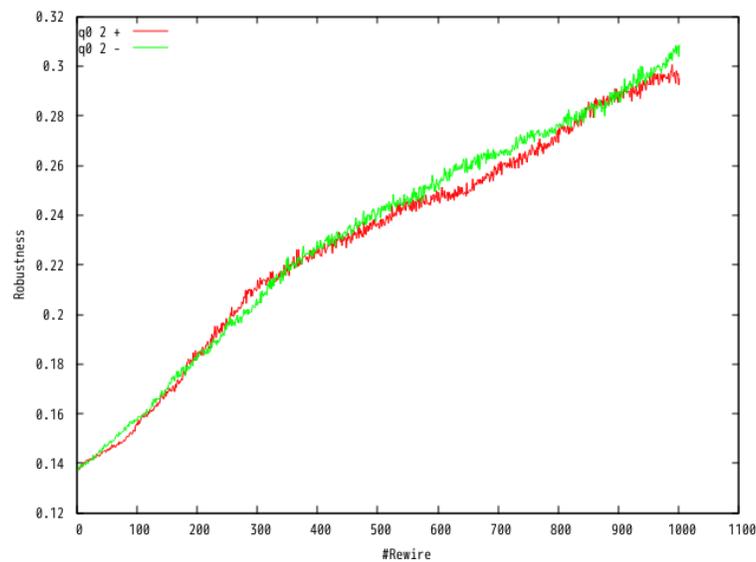


Riwiring(制約なし) 取り除くエッジ q0の和or差 の比較(次数保存q0基準)

USA, FSC, N=428, M=4610



USA, FSC+LCC, N=548, M=6930



4つの空港データに緯度、経度の追加

Openflightよりデータを取得し、必要箇所を抽出

データ：<https://raw.githubusercontent.com/jpatokal/openflights/master/data/airports.dat>

作成プログラムairports_ext.cを用いて抽出

airports.datに含まれていなかった必要データ

IATAコード CPS, NCL, DQK, CWF, MLH, FES, LZS, ZSB, KJR, MHJ, QDU, QKL,
XER, MIL, ZYP, XDS, BER, LON, TYO, NYC, WAS, INC, DTZ, OKL,
QDV, KJR, LZS, ZDH その他数個

緯度、経度を用いた二点間距離の計算

大円距離：地球を球体とする方法

地点1（緯度 ϕ_1 ，経度 λ_1 ），

地点2（緯度 ϕ_2 ，経度 λ_2 ），

地球半径 R [km] ($R=6370$ とした)

大円距離 L [km] は，

$$L = R \arccos(\sin \phi_1 \sin \phi_2 + \cos \phi_1 \cos \phi_2 \cos(\lambda_1 - \lambda_2))$$

作成プログラム `great_circular_distance.c` を用いて計算

参考：緯度経度を用いた3つの距離計算方法, 三浦英俊

http://www.orsj.or.jp/archive2/or60-12/or60_12_701.pdf

より正確な距離（楕円体より計算）との比較

例：USA FSC

空港 1	空港 2	距離(球)[km]	距離(楕円体)[km]	誤差
1 “ATL”	222 “BRU”	7105	7123	0.27%
26 “RDU”	366 “GTR”	935.7	937.6	0.20%
108”SJD”	426 “RIV”	1400	1398	0.14%
320 “BQN”	282 “SYD”	15855	15864	0.06%

国土地理院の計算サイト、楕円体GRS80

<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/bl2stf.html>

距離制約を入れたrewiring方法

次数保存しない (q_0 基準)

I: 追加エッジ間の距離を除去エッジより短くする方法

I1: 除去エッジ箇所可変

I2: 追加エッジ箇所可変

I3: I1とI2を交互に行う

R: 各ノード間の q_0 の和と距離の和を基準にする方法

l1 : 除去エッジ箇所を可変

1. 連結ノード対の中で q_0 の和が最大となるもの (i,j) を選ぶ
2. 非連結ノード対の中で q_0 の和が最小となるもの (k,l) を選ぶ
3. 各ノード対間の距離 L を比較して $L_{(i,j)} \geq L_{(k,l)}$ となれば、エッジ (i,j) を取り除き、エッジ (k,l) を追加する
4. 3.でエッジの取り除き、追加がされなければ1で選んだ連結ノード対以外の中で q_0 の和が最大のもので選びなおし3.に戻る

2.で一番近い二点間が選択された場合（リジェクトされ続ける）は距離を考慮せず q_0 の和が最大となるエッジを取り除く

次数0になるのを防ぐため取り除くエッジ端のノード次数は2以上とする

I2 : 追加エッジ箇所を可変

1. 連結ノード対の中で q_0 の和が最大となるもの (i,j) を選ぶ
2. 非連結ノード対の中で q_0 の和が最小となるもの (k,l) を選ぶ
3. 各ノード対間の距離 L を比較して $L_{(i,j)} \geq L_{(k,l)}$ となれば、エッジ (i,j) を取り除き、エッジ (k,l) を追加する
4. 3.でエッジの取り除き、追加がされなければ2で選んだ非連結ノード対以外の中で q_0 の和が最小のものを選びなおし3.に戻る

1.で一番遠い二点間が選択された場合（リジェクトされ続ける）は距離を考慮せず q_0 の和が最小となるノード間にエッジを追加する
次数0になるのを防ぐため取り除くエッジ端のノード次数は2以上とする

13: I1とI2を交互に行う

1. 連結ノード対の中で q_0 の和が最大となるもの (i,j) を選ぶ
2. 非連結ノード対の中で q_0 の和が最小となるもの (k,l) を選ぶ
3. 各ノード対間の距離 L を比較して $L_{(i,j)} \geq L_{(k,l)}$ となれば、エッジ (i,j) を取り除き、エッジ (k,l) を追加する
4. 3.でエッジの取り除き、追加がされなければ①1で選んだ連結ノード対以外の中で q_0 の和が最大のものを選びなすか、②2で選んだ非連結ノード対以外の中で q_0 の和が最小のものを選びなおし（①,②を交互に行う）3.に戻る

$q_0[i]+q_0[j] < q_0[k]+q_0[l]$ となった時点で、距離を考慮せず q_0 の和が最小となるノード間にエッジを追加、 q_0 の和が最大となるノード間のエッジを取り除く
次数0になるのを防ぐため取り除くエッジ端のノード次数は2以上とする

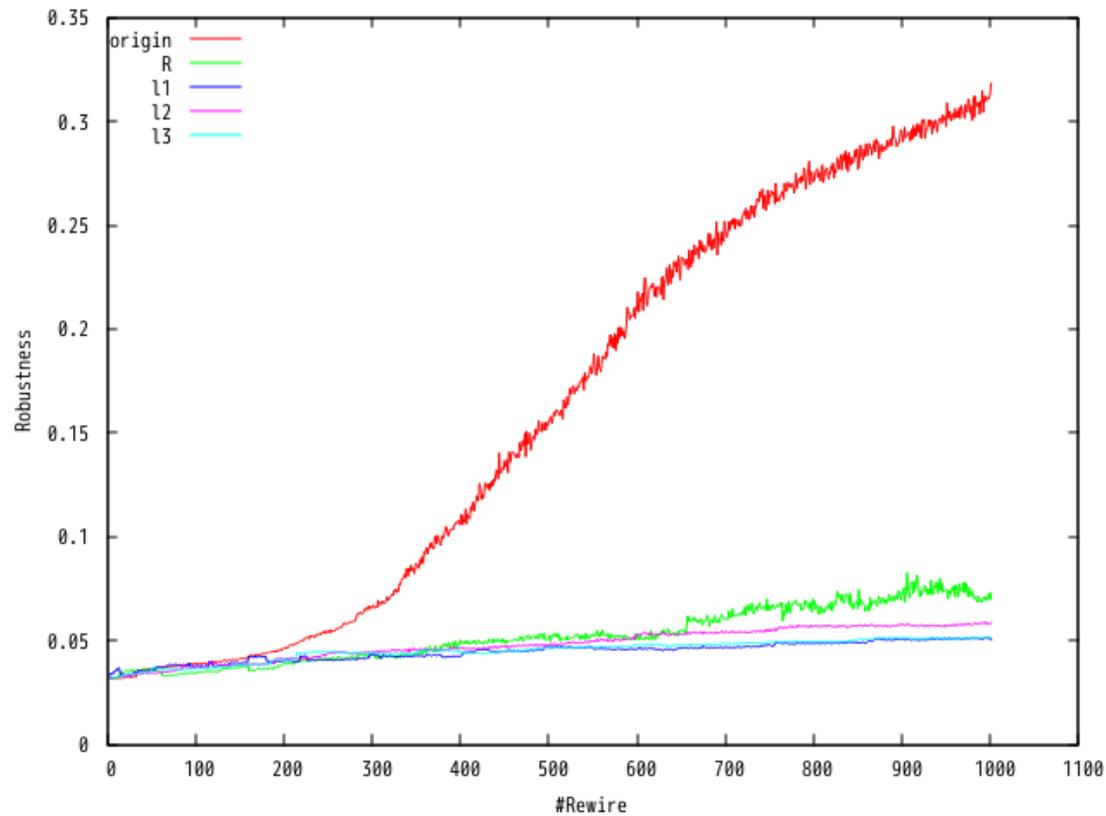
R: 各ノード間のq0の和と距離の和を基準にする方法

1. 各ノード間のq0の和 $q2_{(i,j)}$ 、距離 $L_{(i,j)}$ を計算し、それぞれ小さい順に1から2, 3...と番号を振る($q2_rank_{(i,j)}$, $L_rank_{(i,j)}$)
2. $q2_rank_{(i,j)} + L_rank_{(i,j)}$ が最大なノード間エッジを取り除く
3. $q2_rank_{(i,j)} + L_rank_{(i,j)}$ が最小なノード間にエッジを加える

$q2_rank_{(i,j)} + L_rank_{(i,j)}$ がタイの場合は、その中からランダムに選択
次数0になるのを防ぐため取り除くエッジ端のノード次数は2以上とする

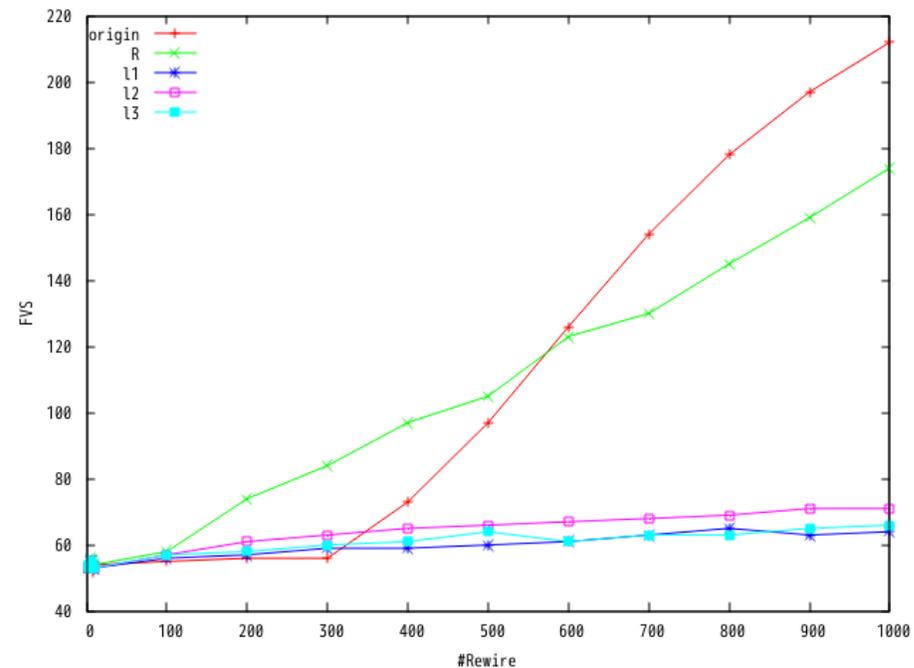
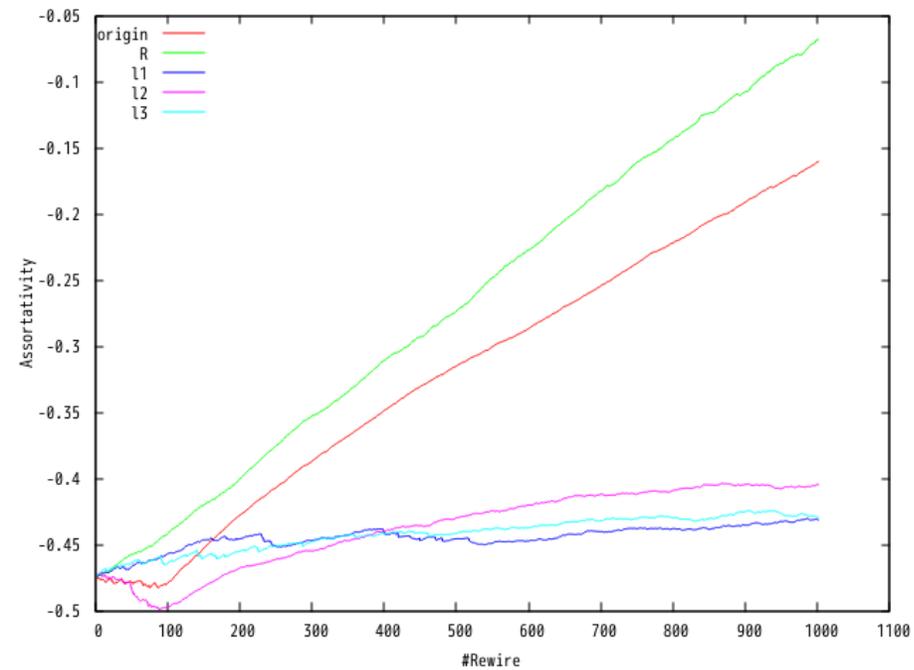
Ri wiring (距離制約あり) 次数保存なし, q0基準 実行結果

EU FSC, N=599, M=2407



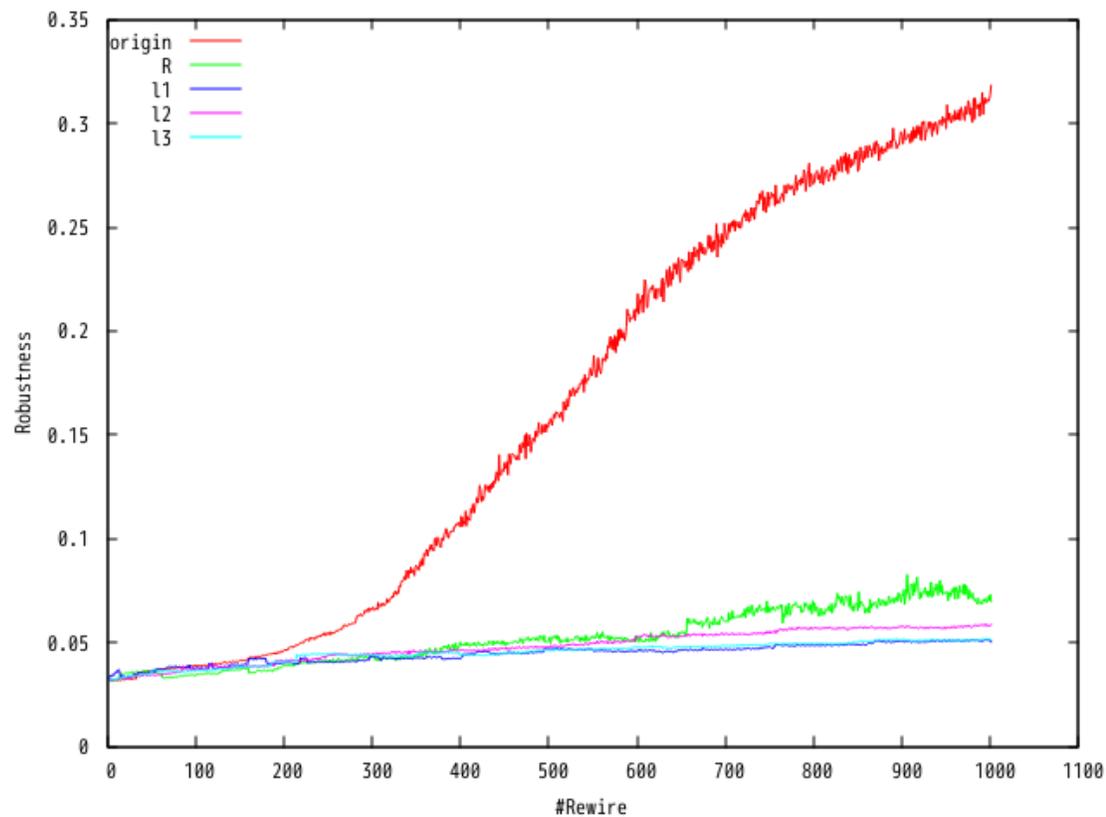
	l1	l2	l3
リジェクト回数	95	0	0

平均距離					
rewireなし	origin	l1	l2	l3	R
	4254	2772	2606	2278	650



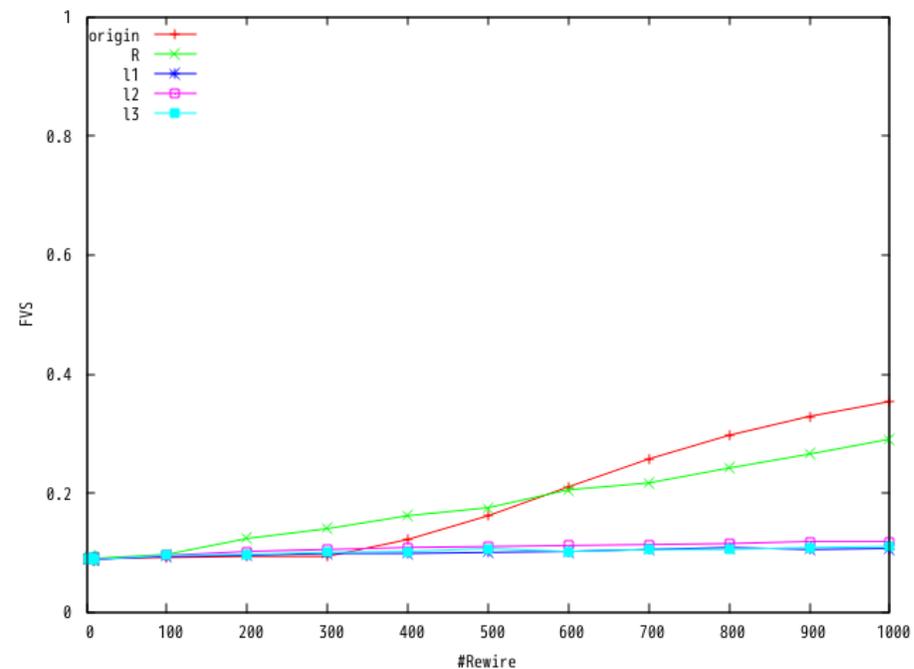
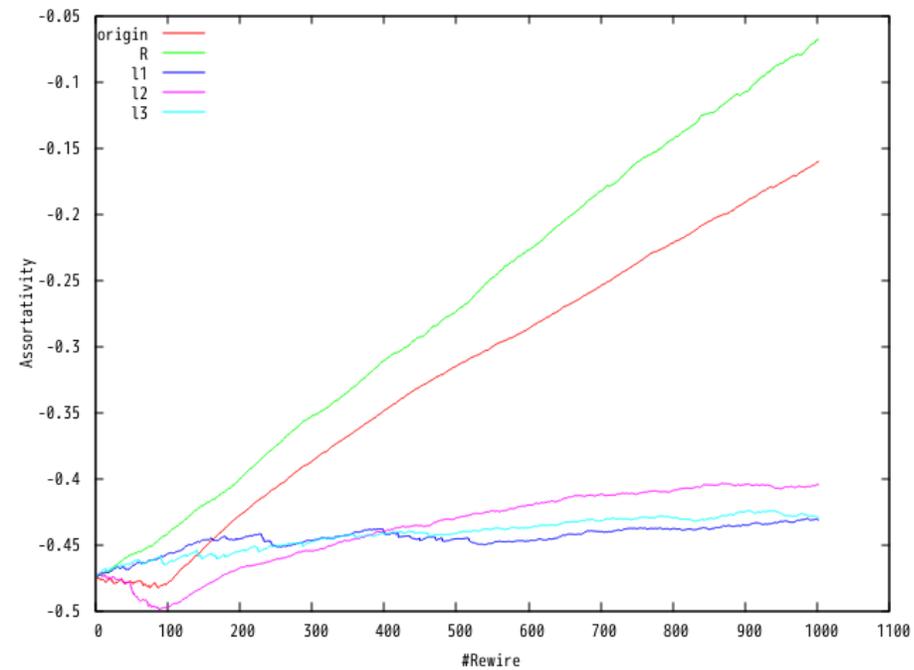
Ri wiring (距離制約あり) 次数保存なし, q0基準 実行結果

EU FSC, N=599, M=2407



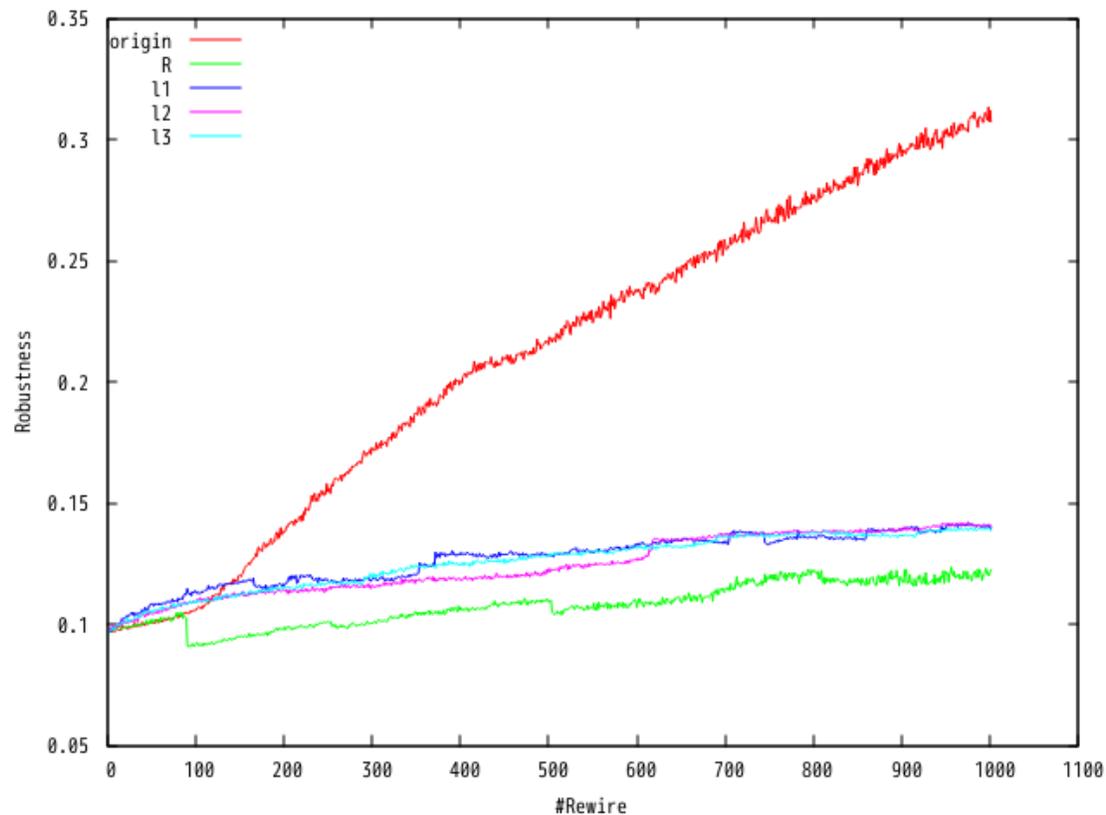
	l1	l2	l3
リジェクト回数	95	0	0

平均距離					
rewireなし	origin	l1	l2	l3	R
	4254	2772	2606	2278	650



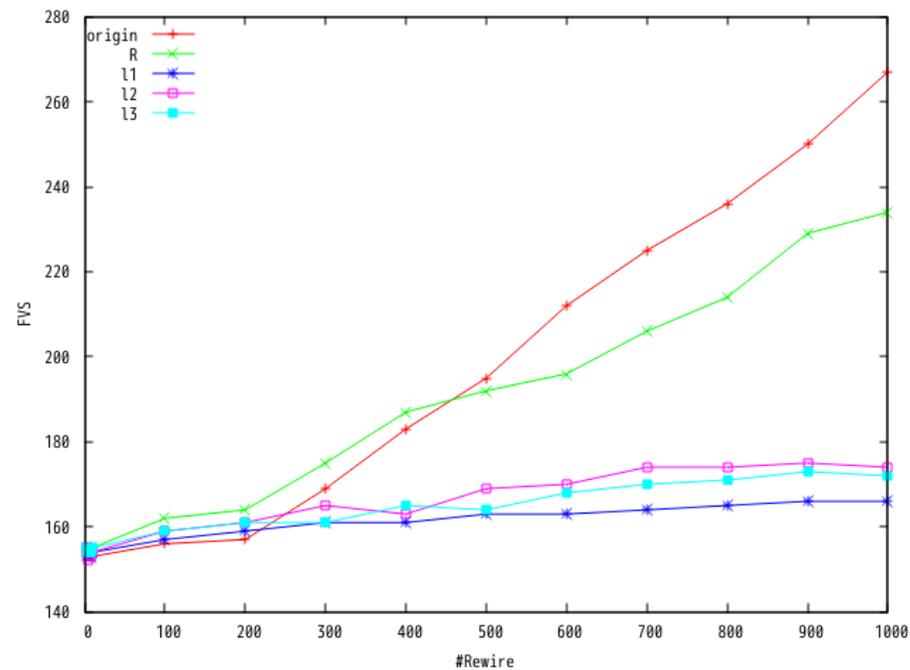
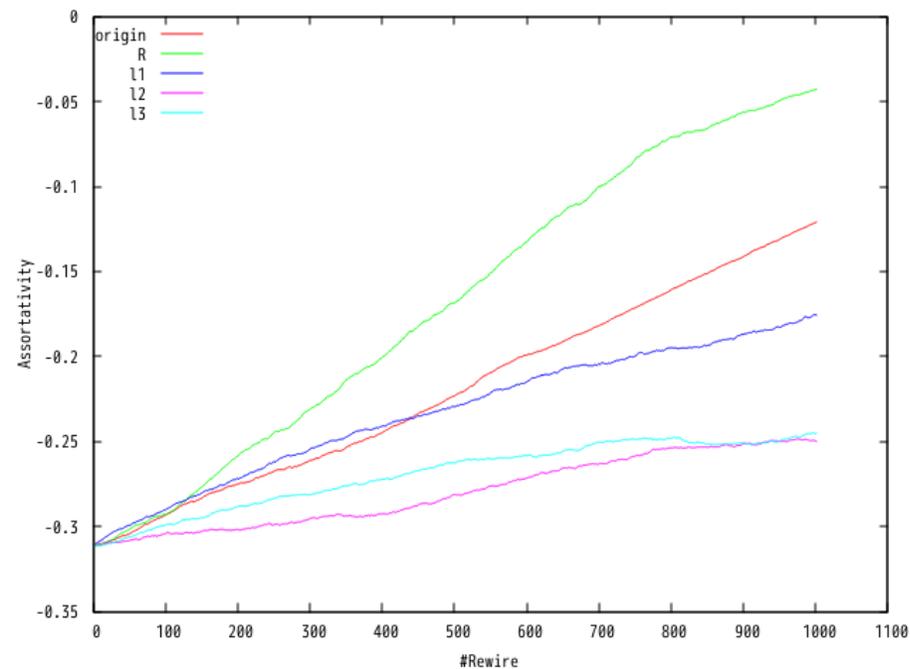
Riwiring(距離制約あり) 次数保存なし, q0基準 実行結果

EU FSC+LCC, N=717 M=8454



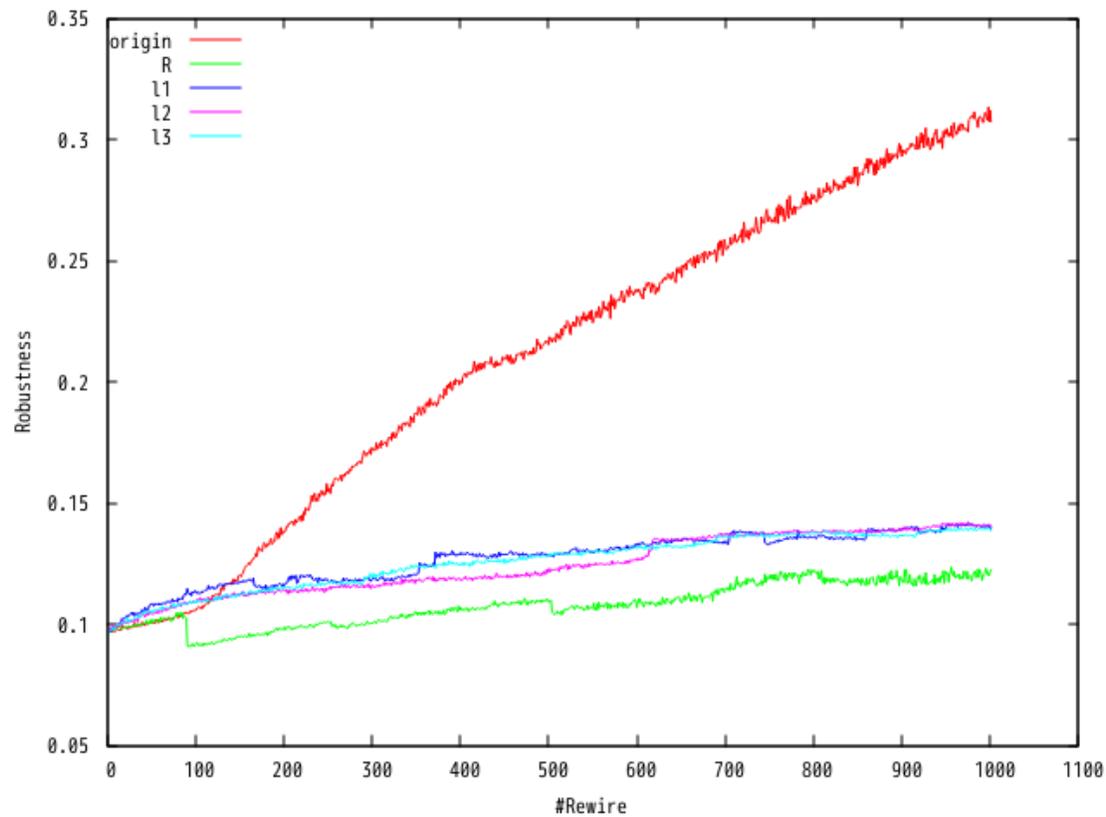
	l1	l2	l3
リジェクト回数	33	0	0

平均距離						
rewireなし	origin	l1	l2	l3	R	
	2167	2670	2114	2109	2055	1332



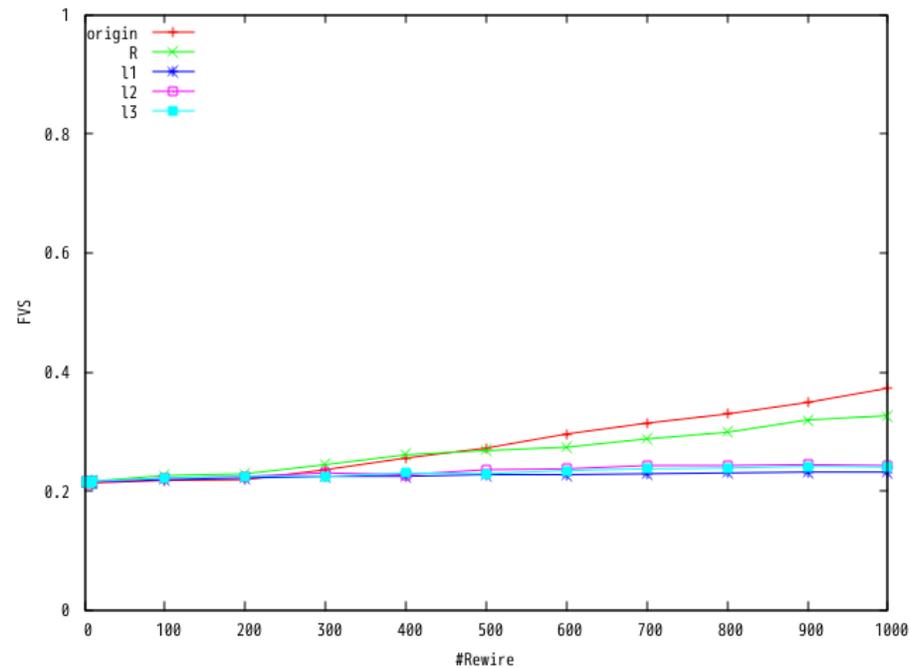
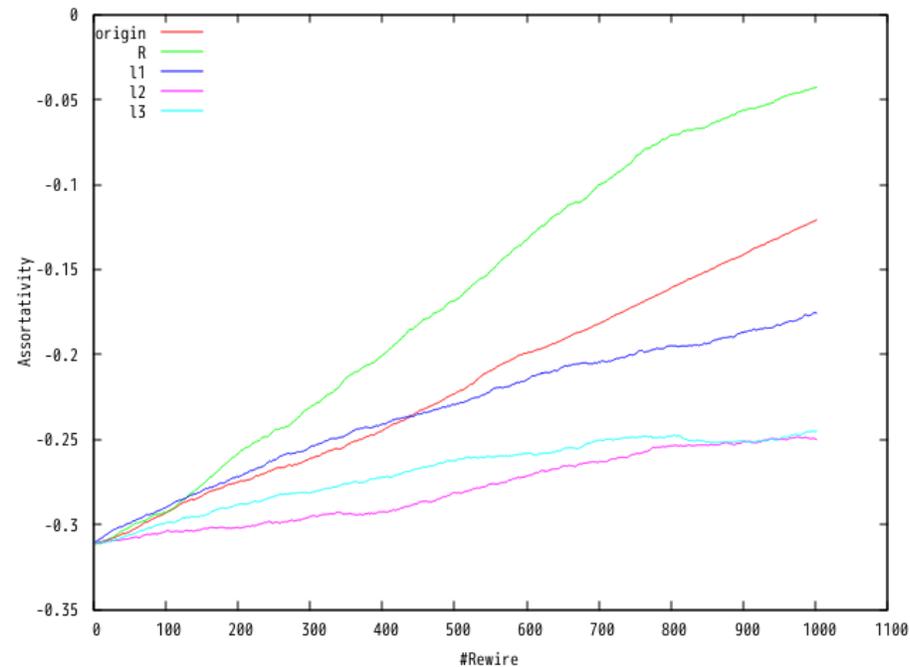
Riwiring(距離制約あり) 次数保存なし, q0基準 実行結果

EU FSC+LCC, N=717 M=8454



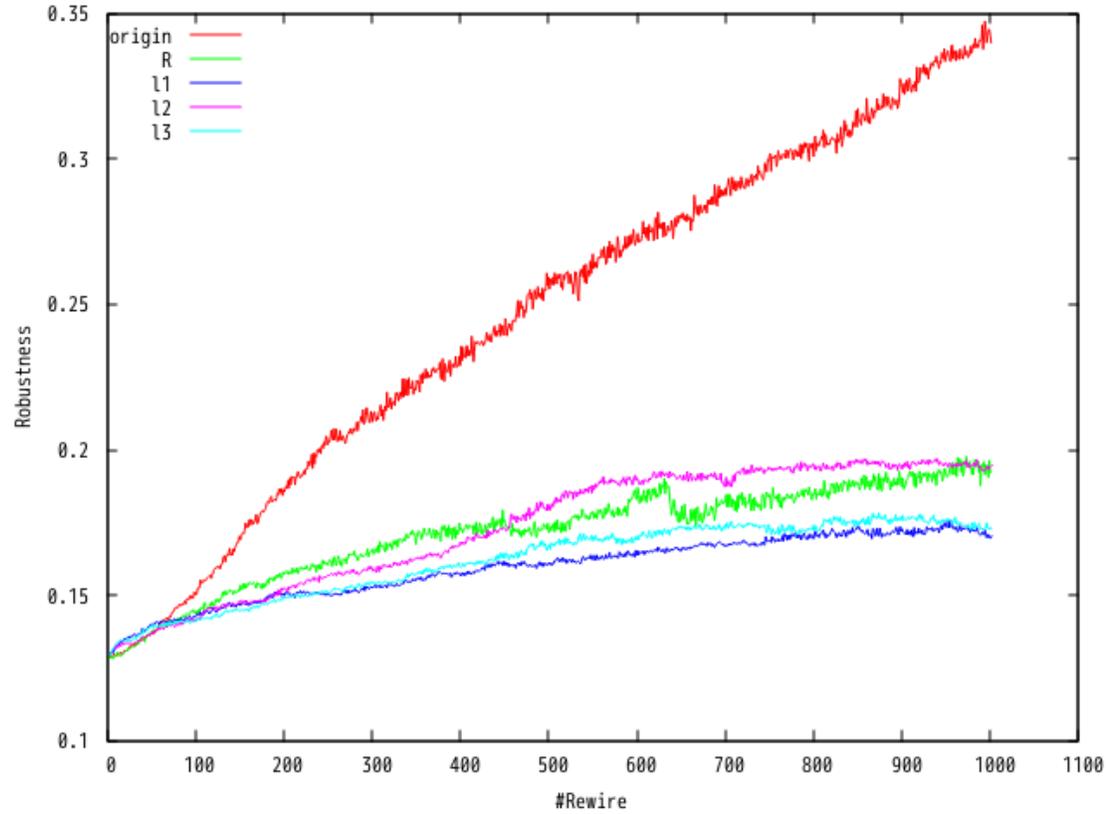
	l1	l2	l3
リジェクト回数	33	0	0

平均距離					
rewireなし	origin	l1	l2	l3	R
2167	2670	2114	2109	2055	1332



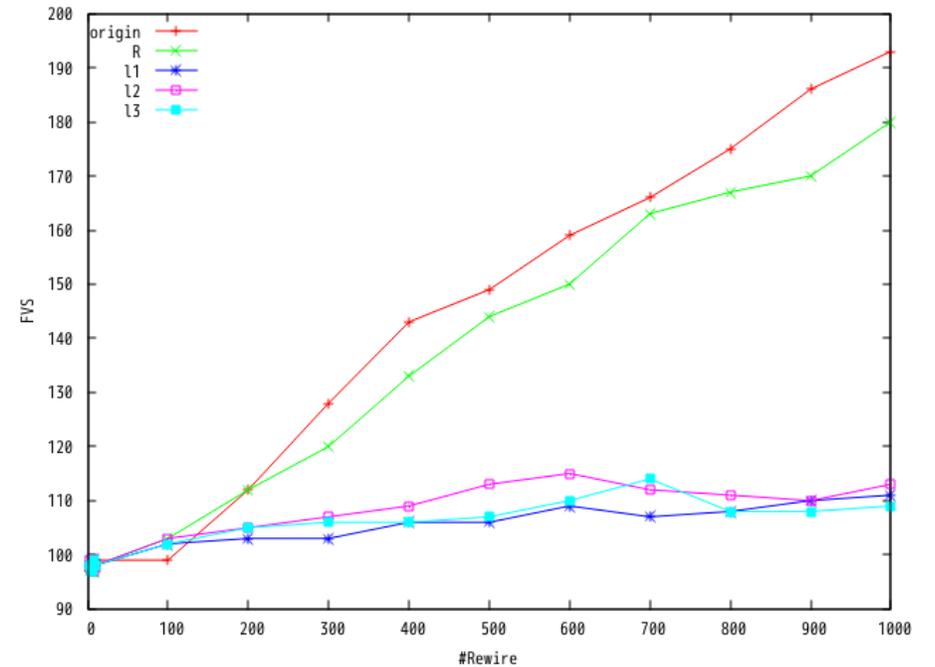
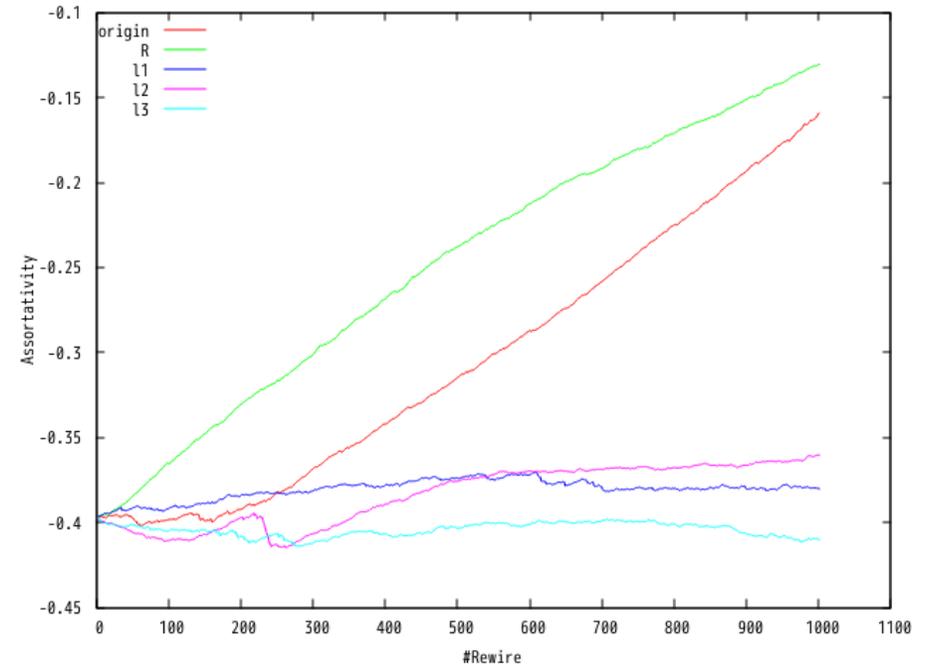
Riwiring(距離制約あり) 次数保存なし, q0基準 実行結果

USA FSC, N=428 M=4610



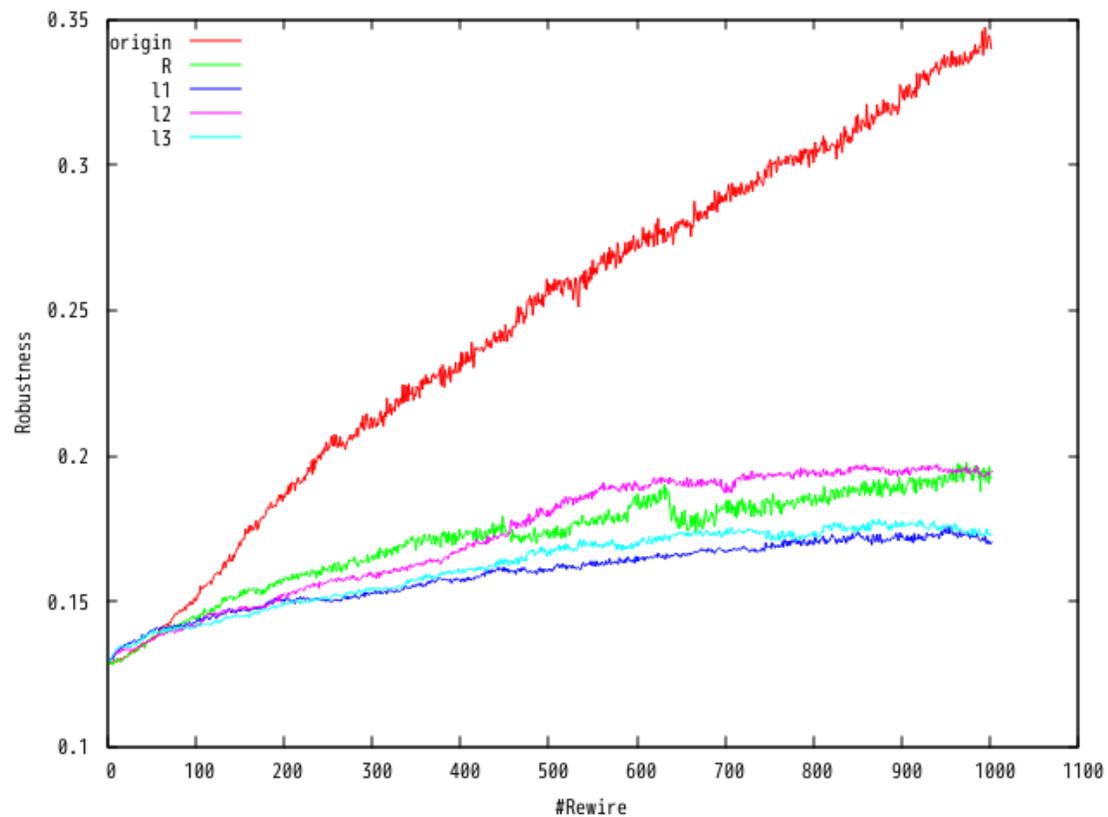
	l1	l2	l3
リジェクト回数	53	0	0

平均距離					
rewireなし	origin	l1	l2	l3	R
2305	3046	2188	2124	2031	1095



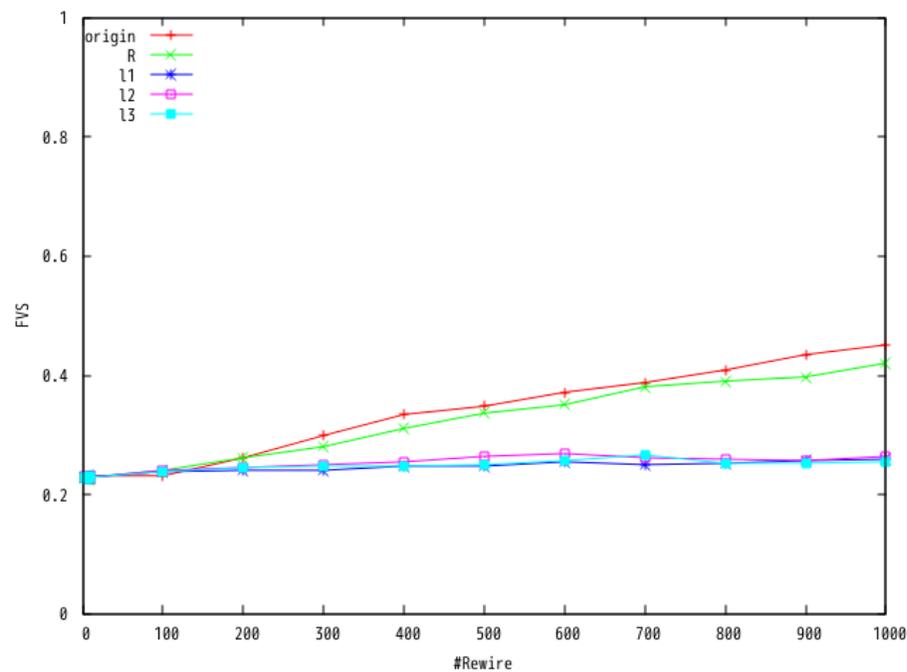
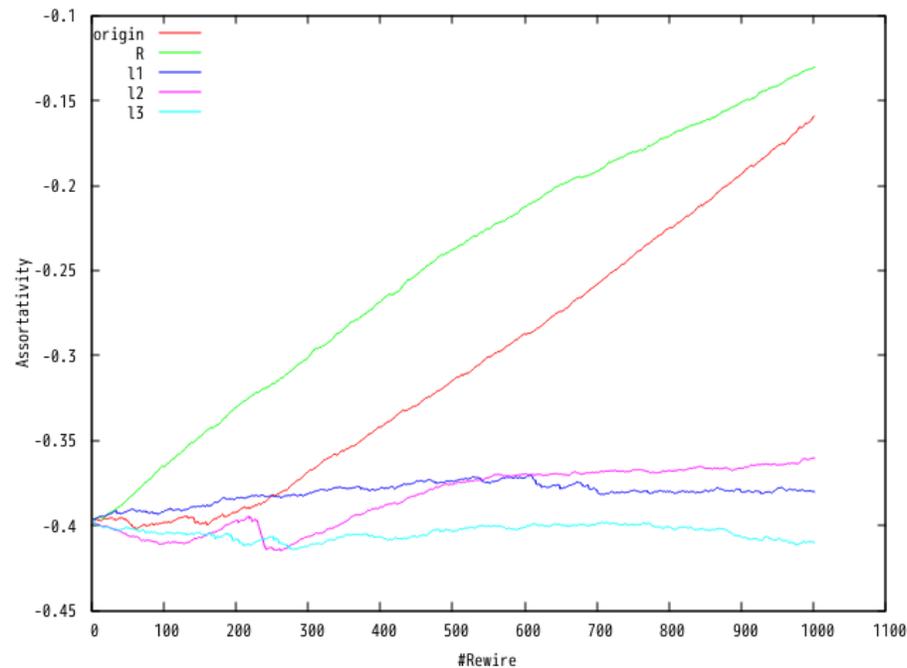
Riwiring(距離制約あり) 次数保存なし,q0基準 実行結果

USA FSC, N=428 M=4610



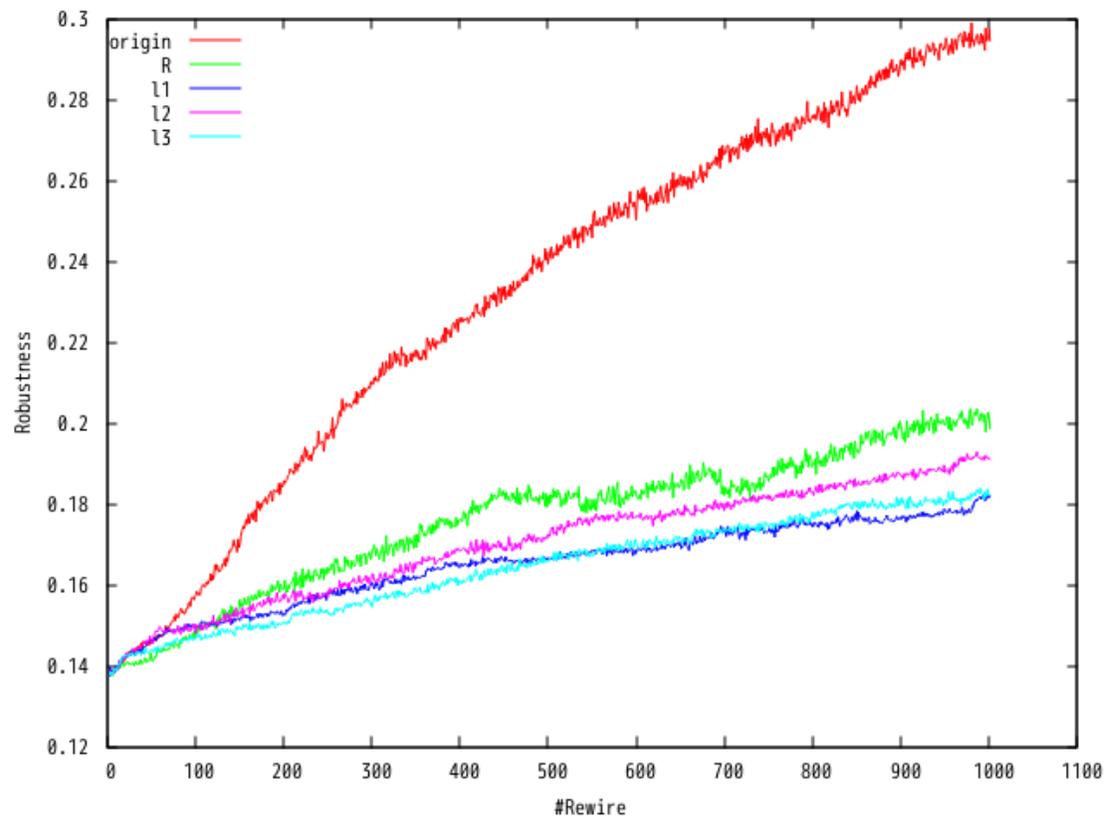
	l1	l2	l3
リジェクト回数	53	0	0

平均距離					
rewireなし	origin	l1	l2	l3	R
2305	3046	2188	2124	2031	1095



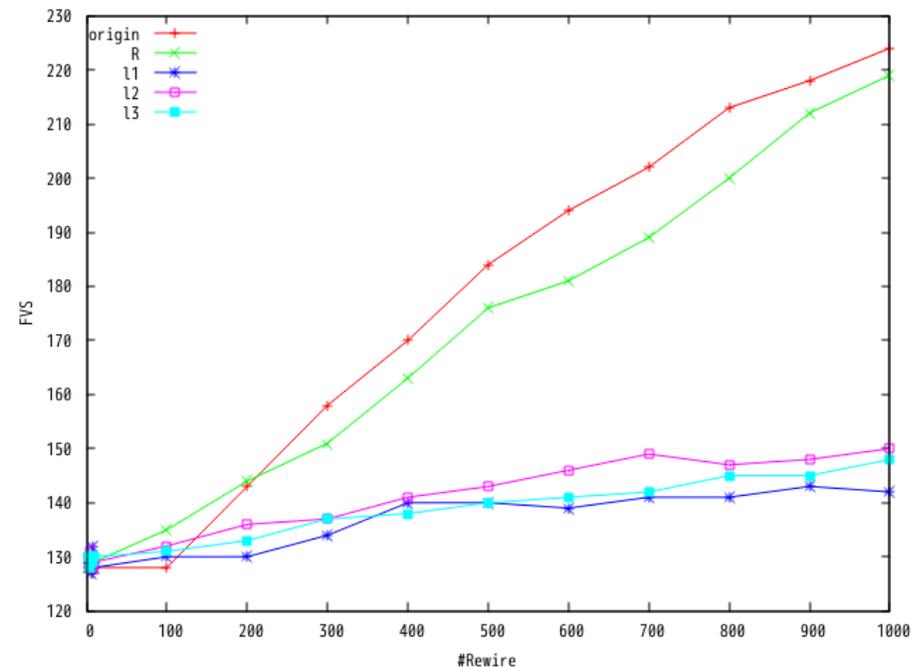
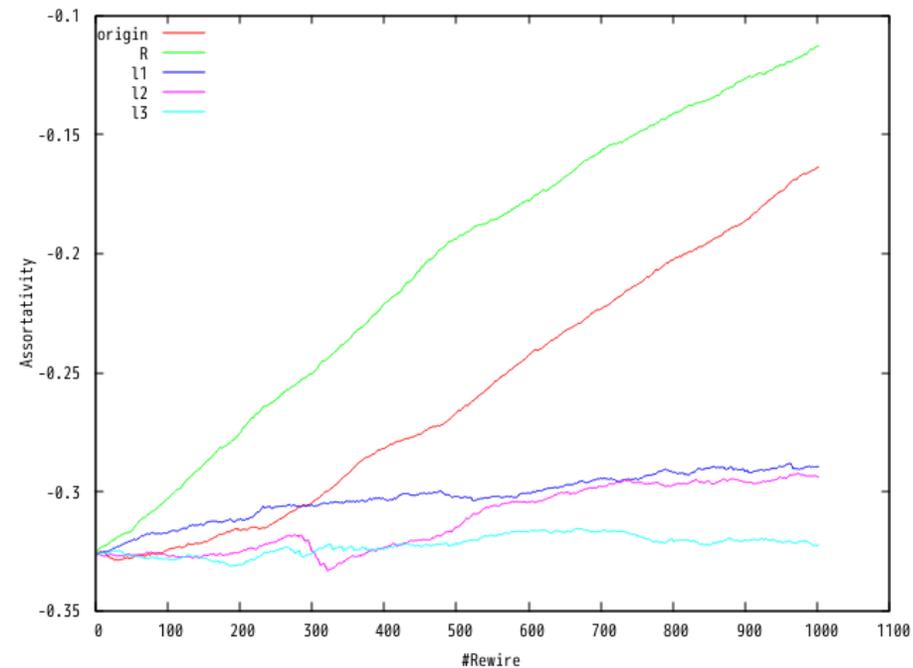
Riwiring(距離制約あり) 次数保存なし,q0基準 実行結果

USA FSC+LCC, N=548 M=6930



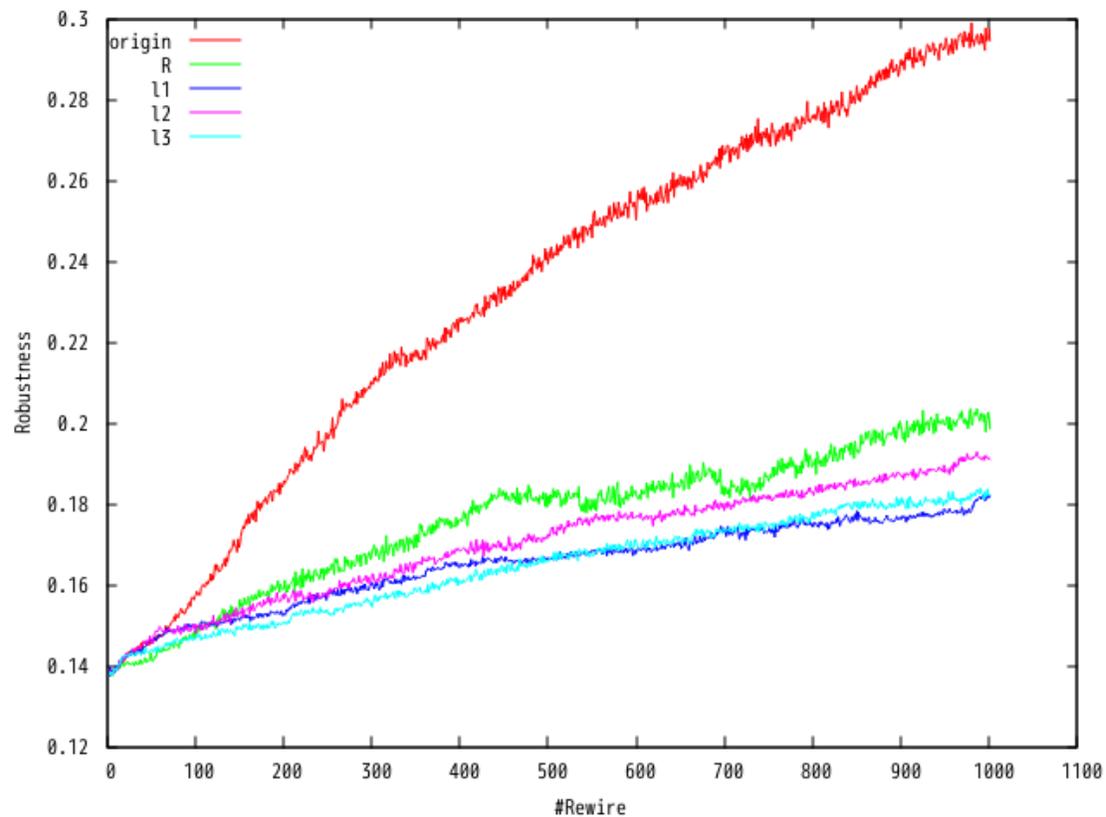
	l1	l2	l3
リジェクト回数	51	0	0

平均距離					
rewireなし	origin	l1	l2	l3	R
2059	2589	1986	1951	1905	1229



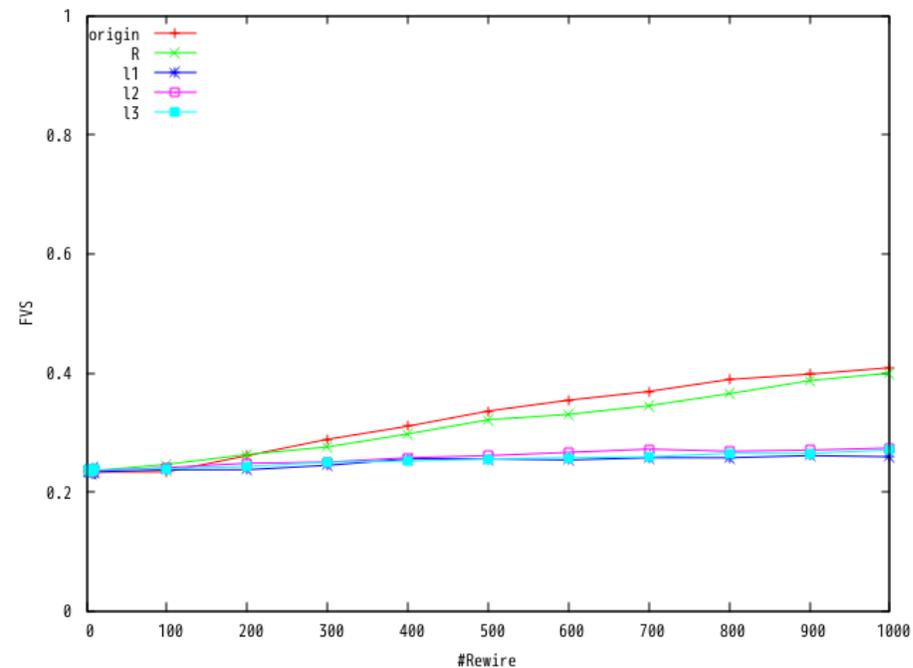
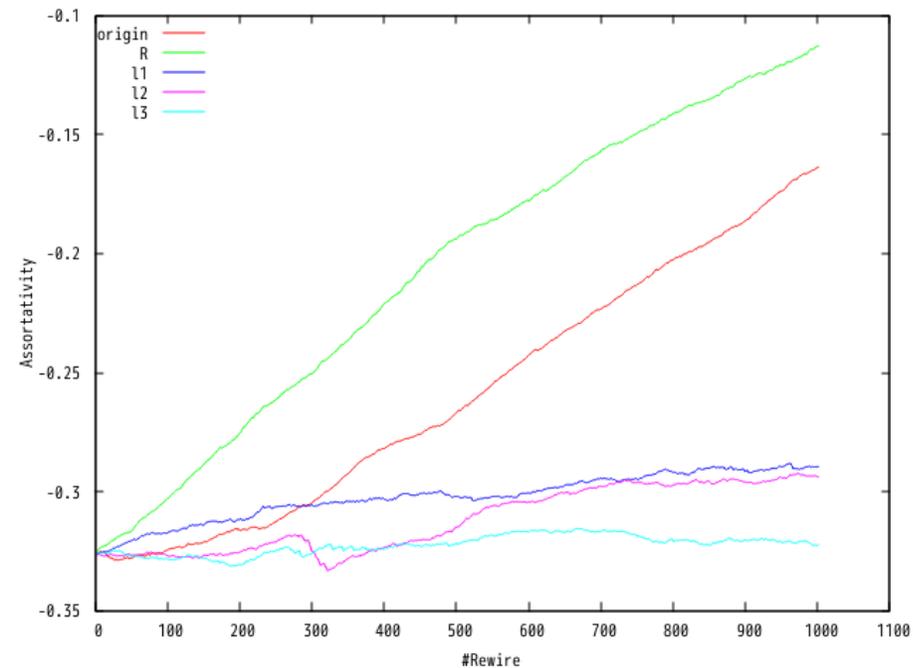
Ri wiring (距離制約あり) 次数保存なし, q0基準 実行結果

USA FSC+LCC, N=548 M=6930



	l1	l2	l3
リジェクト回数	51	0	0

平均距離					
rewireなし	origin	l1	l2	l3	R
2059	2589	1986	1951	1905	1229



まとめ

航空路線網のrewiringにおいて、距離の制約を追加した

I: 追加エッジ間の距離を除去エッジより短くする方法においては、

- 三つの内でI1でrejectされる回数が多かったこと以外に大きな差異はみられなかった
- 三つとも制約なしに比べ、頑健性、次数相関、fvsの上昇が少なかった
- 三つとも方法Rと比べ平均距離の減少が少なかった

R: 各ノード間の q_0 の和と距離の和を基準にする方法においては、

- 制約なしと同程度に次数相関、fvsは上昇するが、頑健性はあまり上がらなかった
- 方法Iと比べ平均距離の減少が大きかった

改善点

I: 追加エッジ間の距離を除去エッジより短くする方法

q0の和がタイの場合は、ソートされた順番に比較し、追加エッジの距離のほうが短くなった時点($L_{(i,j)} \geq L_{(k,l)}$)で実行した。

R: 各ノード間のq0の和と距離の和を基準にする方法

q0の和と距離の和がタイの場合は、その中からランダムに選んだ

- ➡ タイの場合は、q0の和の大小を見ることでより頑健性を上げることができるとができる
- もしくは、距離がより短いものを選べば総距離をより短くできる

改善点

- ・ 方法 I, Rにおいて、ソートした値の何番目が選択されたかなどを記録する、空港の.netデータに座標を追加し可視化することにより詳細な考察ができる
- ・ Rewire回数を増やしたらどうなるか

改善点

EU FSC, EU FSC+LCCの .netデータに修正が必要
より正確なデータ取得のためには再実行が必要

EU FSC

20 BSLと 240 MLH は同じ空港

396 DTMと 397 DTZ

EU FSC+LCC

42 BSL と 203 MLH は同じ空港

31 BOD,133 BOD 2個ある

122 DTMと 530 DTZ