

Net_analysis を利用したリンク破壊と議論

JAIST 林研究室 目黒有輝

1. 課題内容

ネットワーク分析ツールである Net_analysis を利用して岐阜,石川,京阪,名古屋の 4 地区の BA ライクなネットワークに対してリンク破壊を行い,その結果からネットワークの頑健性に対する議論を行う.

2. 分析対象となるネットワーク

下記の(1)~(3)のネットワークを対象として,リンク破壊を行う.

- (1) 三角分割 (N=1000) BA ライクなモデルの結合確率 000~111
岐阜,石川,京阪,名古屋の 4 地区の BA ライクなネットワーク.
- (2) 四角分割 (N=1000) BA ライクなモデルの結合確率 000~111
岐阜,石川,京阪,名古屋の 4 地区の BA ライクなネットワーク.
- (3) 四角分割 (N=1000) BA ライクなモデルの結合確率 000~333
岐阜,石川,京阪,名古屋の 4 地区の BA ライクなネットワーク.

3. リンク破壊について

攻撃対象のリンクがランダムな要素を含んで選択される場合には,100 試行の平均を取りまた,同様の結合確率により作成された 3 つのネットワークにおける攻撃結果の平均をとることによって,結果の誤差幅を小さくしている.

攻撃対象となるリンクの数は,グラフの各プロット毎に 5%ずつ増加させ,破壊率を増加させた場合には,その都度ネットワークを読み込み,破壊率に応じた本数のリンクを破壊するようにした.

4. リンク破壊の手法

今回の共同実験では,リンク破壊の手法として以下の 4 種類を提案する.

(a) ランダムなリンク破壊

任意のリンクを 1 本ランダムに選択して破壊する手法.他の破壊手法と比較して,リンクを選択するコストが低いため,容易な破壊手法と言える.その一方で,ネットワークの構造上,重要度が高いリンクを選択する可能性は低いため,大量に破壊しなければ,ネットワークの構造を大きく変化させることは難しいと予測する.

(b) 意図的なリンク破壊 1

リンクに重みを付けて、重みが高いリンクから順に破壊する手法。重みの付け方は、全ての任意の 2 ノード間の組み合わせに対して、最短経路をダイクストラ法によって求め、最短経路に使われた頻度に応じて、リンクに重みを付ける、という手法を用いている。ランダムなリンク破壊と比較して、ネットワークの構造上、重要度が高いリンクを意図的に破壊することができるため、少ない破壊率でもネットワークの構造を大きく変化させることが可能であると予測する。

しかし、ノード間の最短経路を求める計算コストが掛かるため、ネットワークの規模が大きくなると、重要度が高いリンクを選択するまでに、時間がかかってしまうというデメリットもある。そのため、今回はリンクを 1 本破壊する度に最短経路を再計算して、リンクの重みを求めるのではなく、一度リンクの重みを計算した後は、その重みを利用して、全ての破壊率でリンクを破壊するようにしている。

(c) 意図的なリンク破壊 2

リンクに重みを付けて、重みが高いリンクから順に破壊するという点では、意図的なリンク破壊 1 と同様であるが、リンクの重みの付け方が異なっている。リンクに重みを付ける際は、スタート地点となるノードをランダムに 1 つ選択して、そのノードからランダムウォークを行い、通ったリンクの頻度に応じて重みを付けるという手法を用いている。スタート地点を決めて、ランダムウォークさせるという流れを 100 回繰り返し、その重みの合計の高い順からリンクを破壊するという破壊手法である。

パケット転送の際に、ネットワーク全体のマップを持っていないという面では、意図的なリンク破壊 1 よりも、この破壊手法は現実性が高いと言えるが、両方の破壊手法は「もし 2 つのクラスタ間で共有するリンクが数本しか存在しないとすれば、一方のクラスタ内のノードから他方のクラスタ内のノードへ到達するためには、必ずその数本のうちの 1 本を通らなければならない、必然的によく経路として利用されるリンクは、クラスタ間を繋ぐリンクである」という同様のアイディアの基づいている。

(d) 知人破壊

任意にリンクを 1 本選択して、そのリンクの先端の 2 ノードのうち、次数が高い方のノードを選択する。その選択されたノードから出ているリンクをランダムに 1 本選択して破壊する手法。ノードの知人破壊よりは効果は薄いものの、少ない破壊率でもネットワークの構造を大きく変化させることが可能であると予測する。現実世界でのこの破壊手法は、コンピュータ間リンクの帯域潰し（大量にデータを送受信させることにより、他者にリンクを使えなくさせる）が該当する。

攻撃手法で比較した図 (1 乗)

図 2-1. 岐阜地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

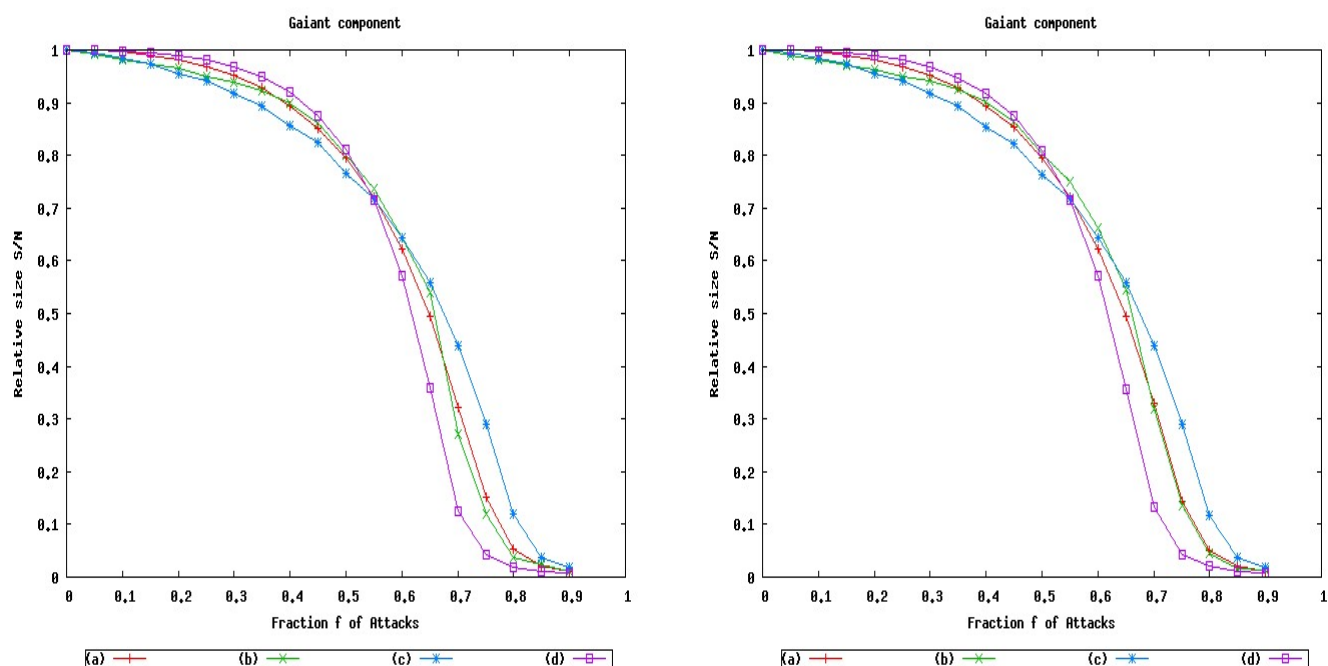


図 2-2. 岐阜地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

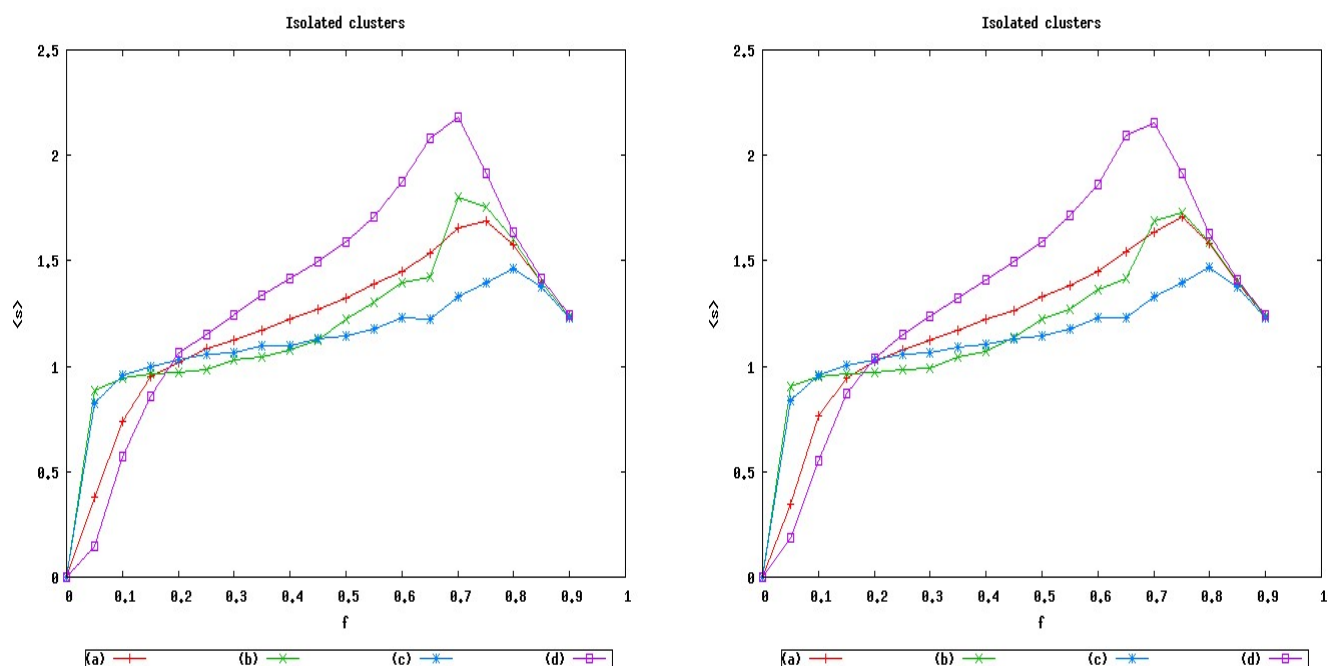


図 2-3. 石川地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

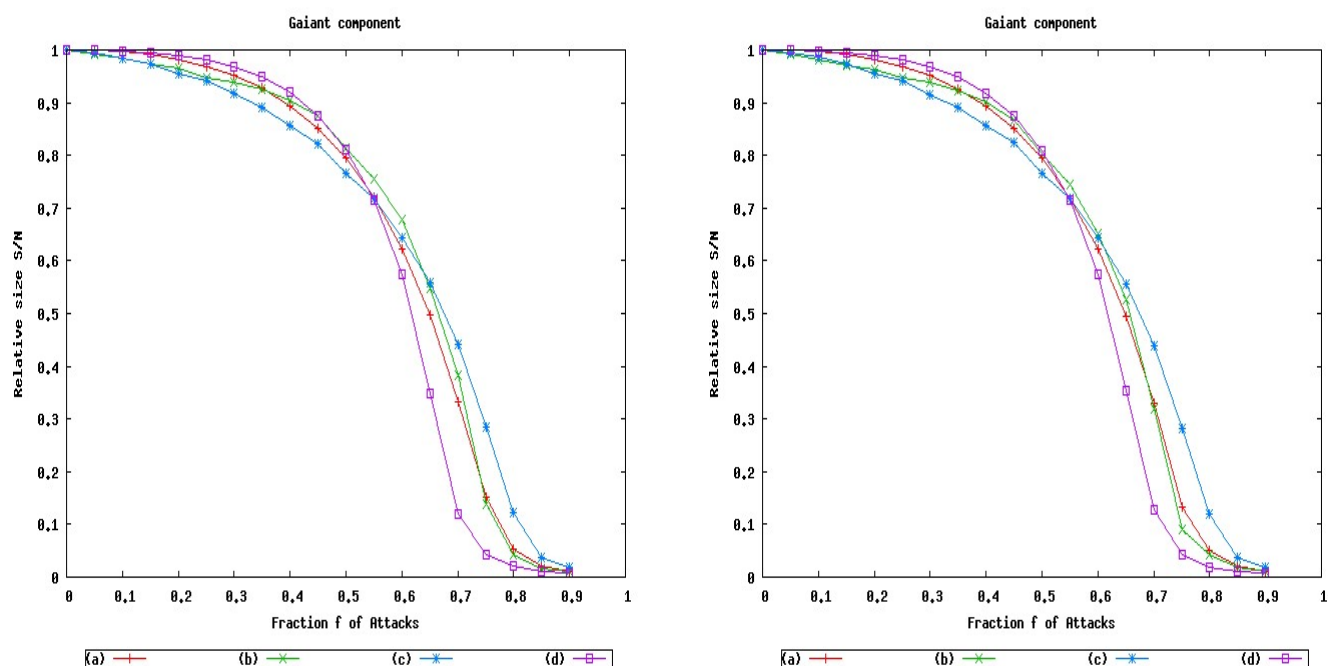


図 2-4. 石川地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

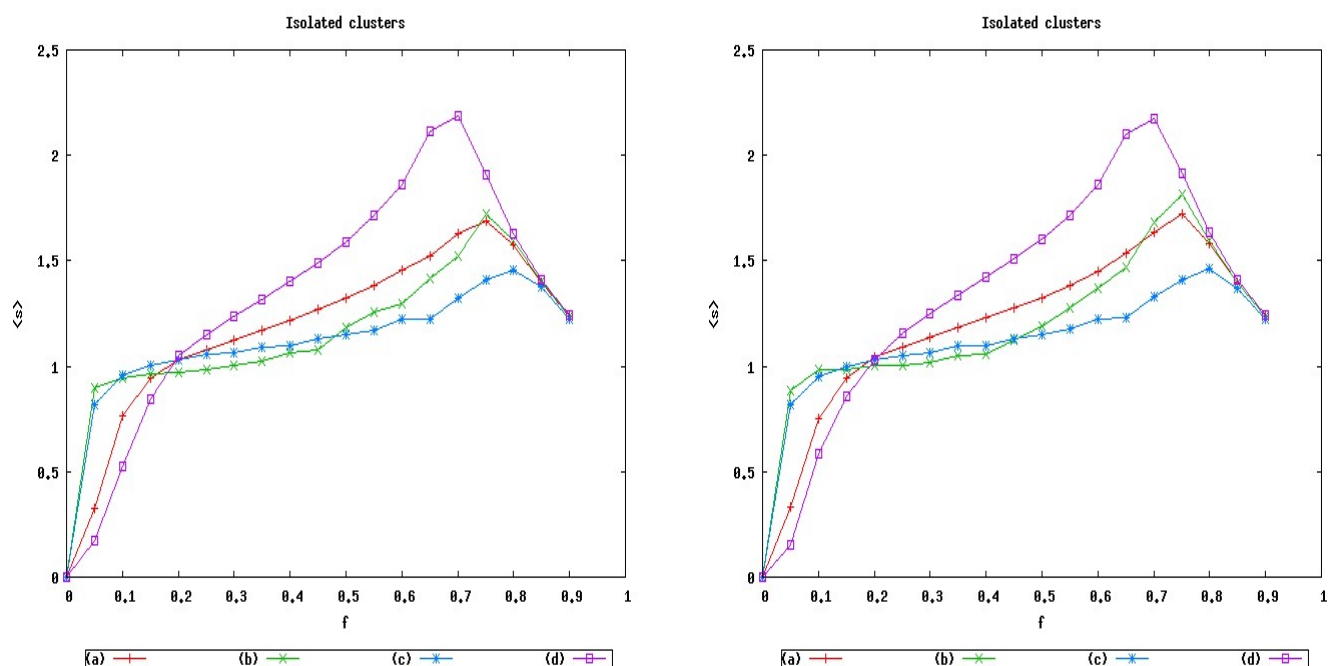


図 2-5. 京阪地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

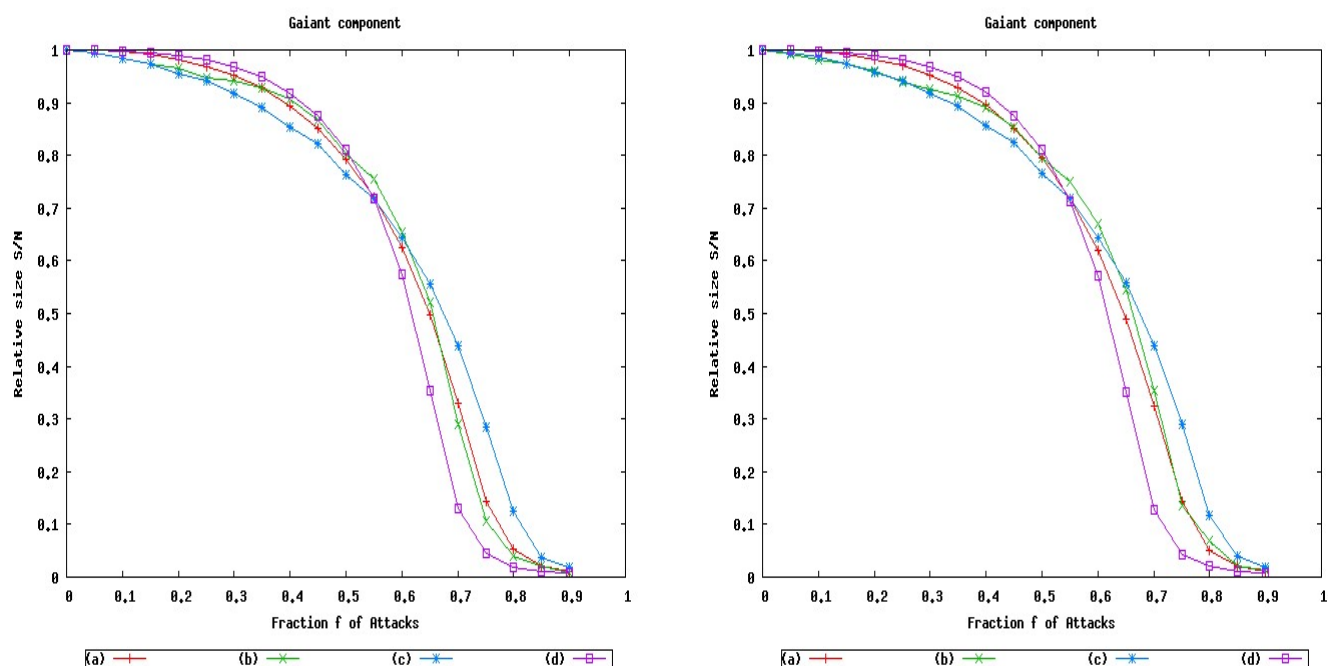


図 2-6. 京阪地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

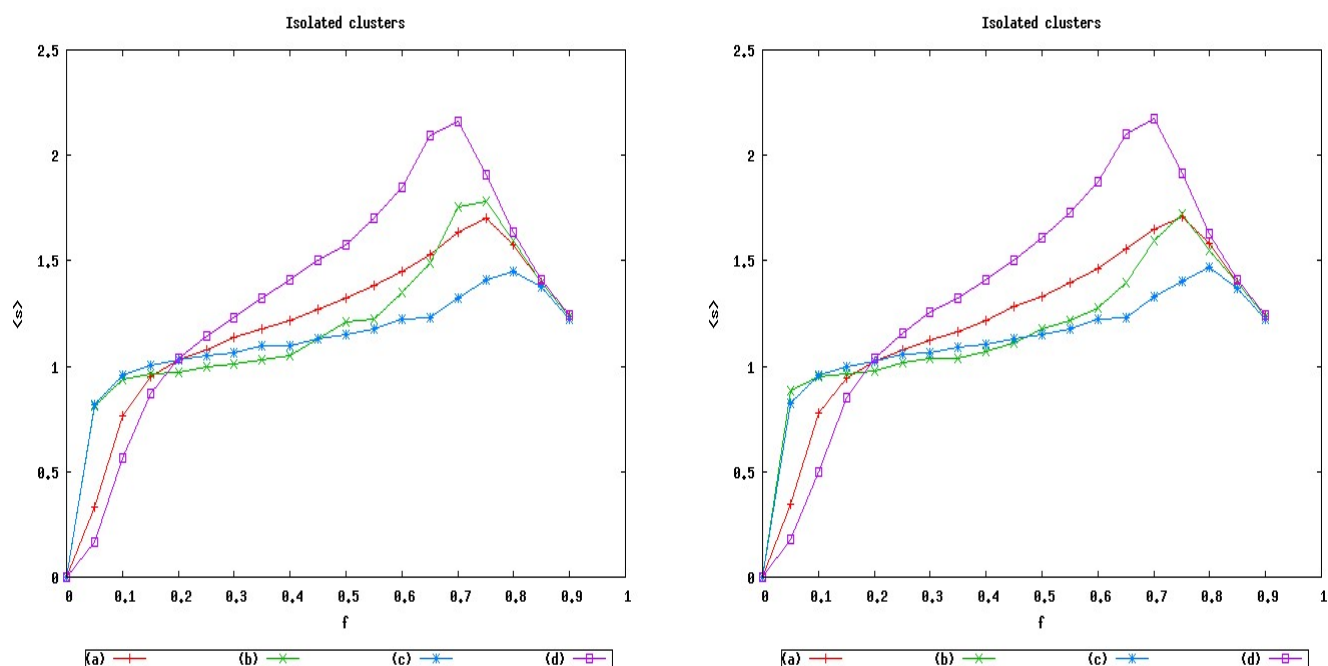


図 2-7. 名古屋地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

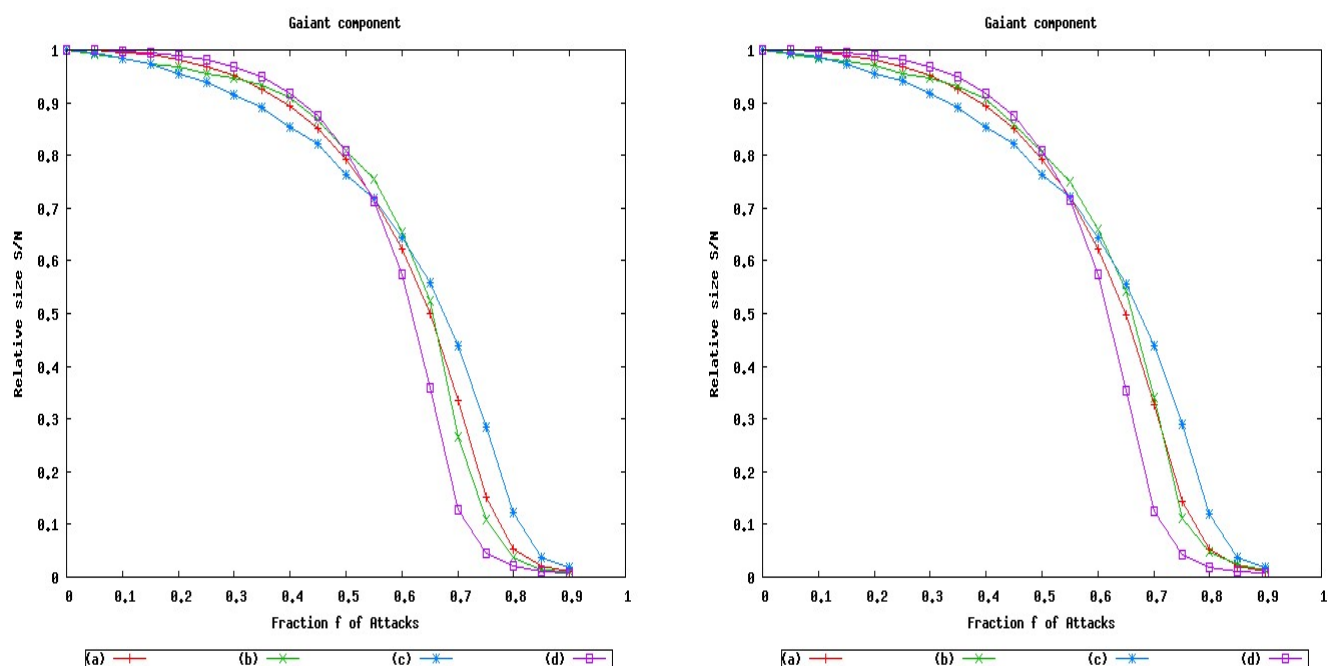


図 2-8. 名古屋地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

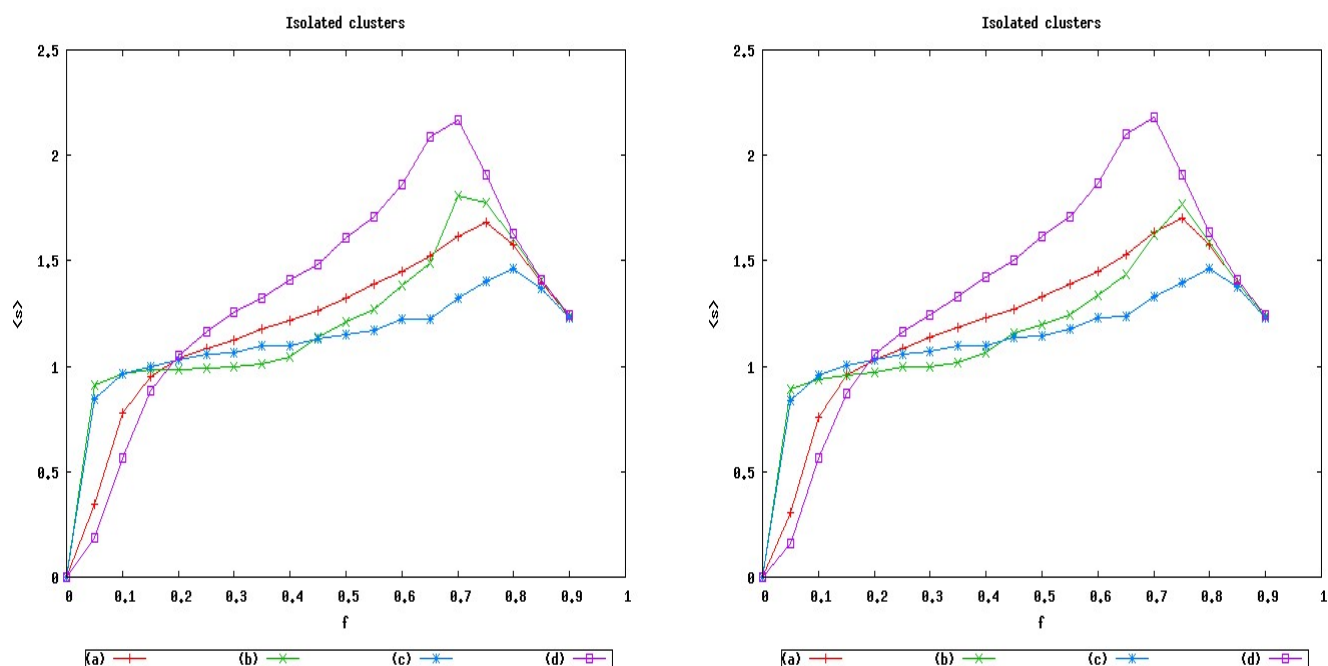


図 2-9. 岐阜地区 結合確率 001 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

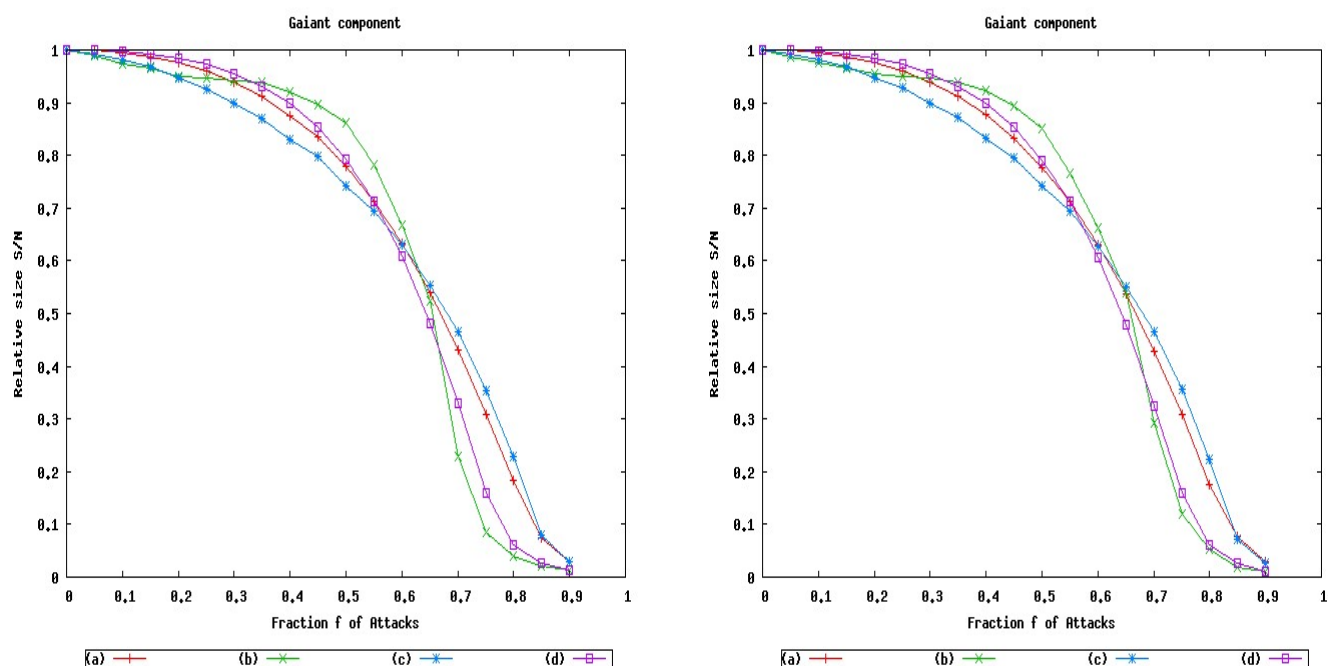


図 2-10. 岐阜地区 結合確率 001 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

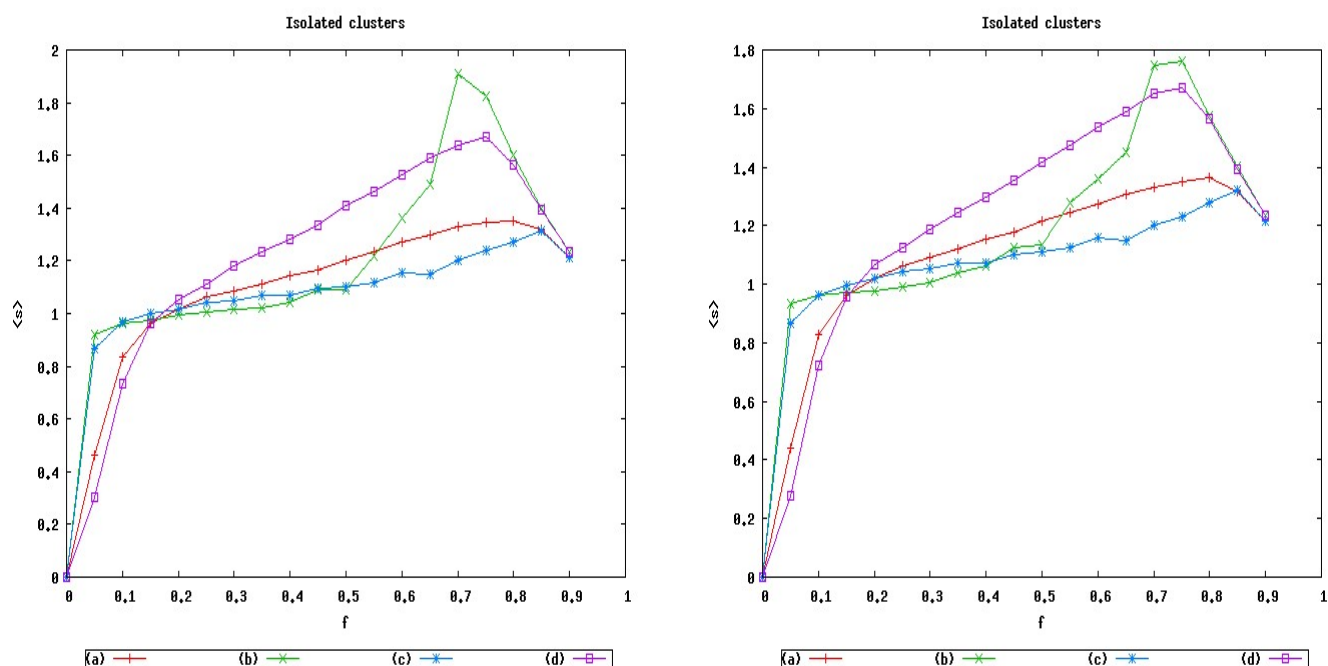


図 2-11. 石川地区 結合確率 001 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

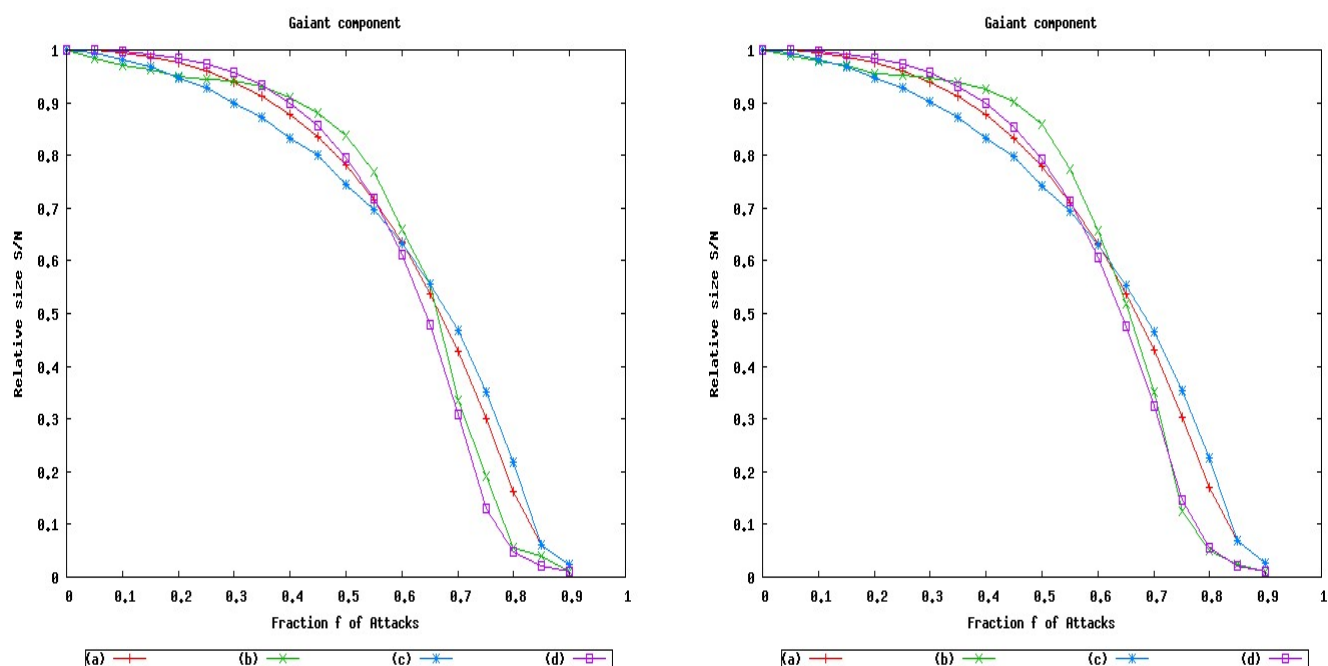


図 2-12. 石川地区 結合確率 001 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

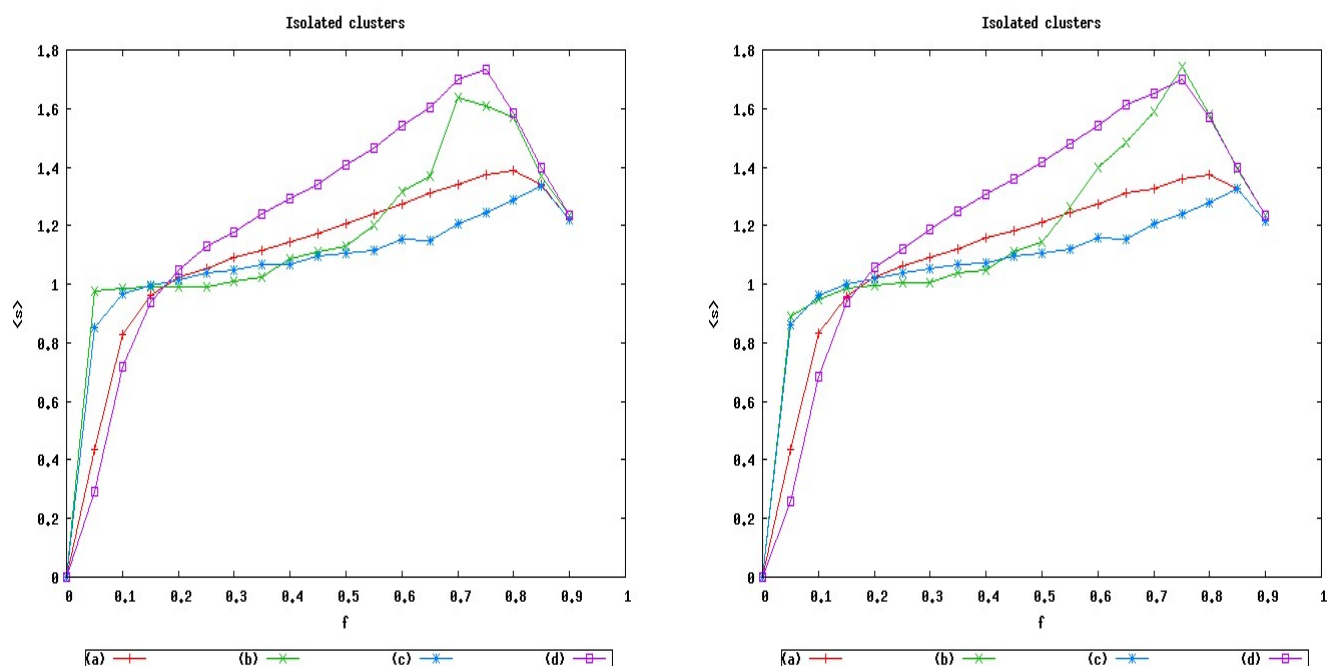


図 2-13. 京阪地区 結合確率 001 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

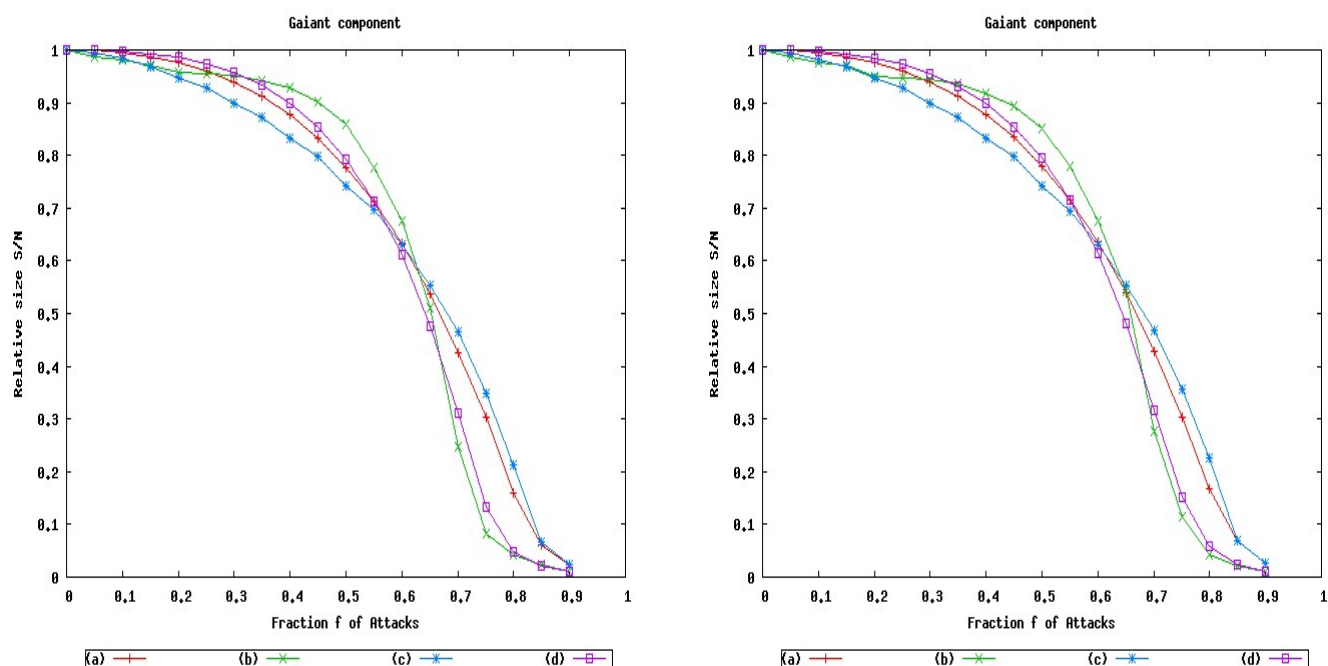


図 2-14. 京阪地区 結合確率 001 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

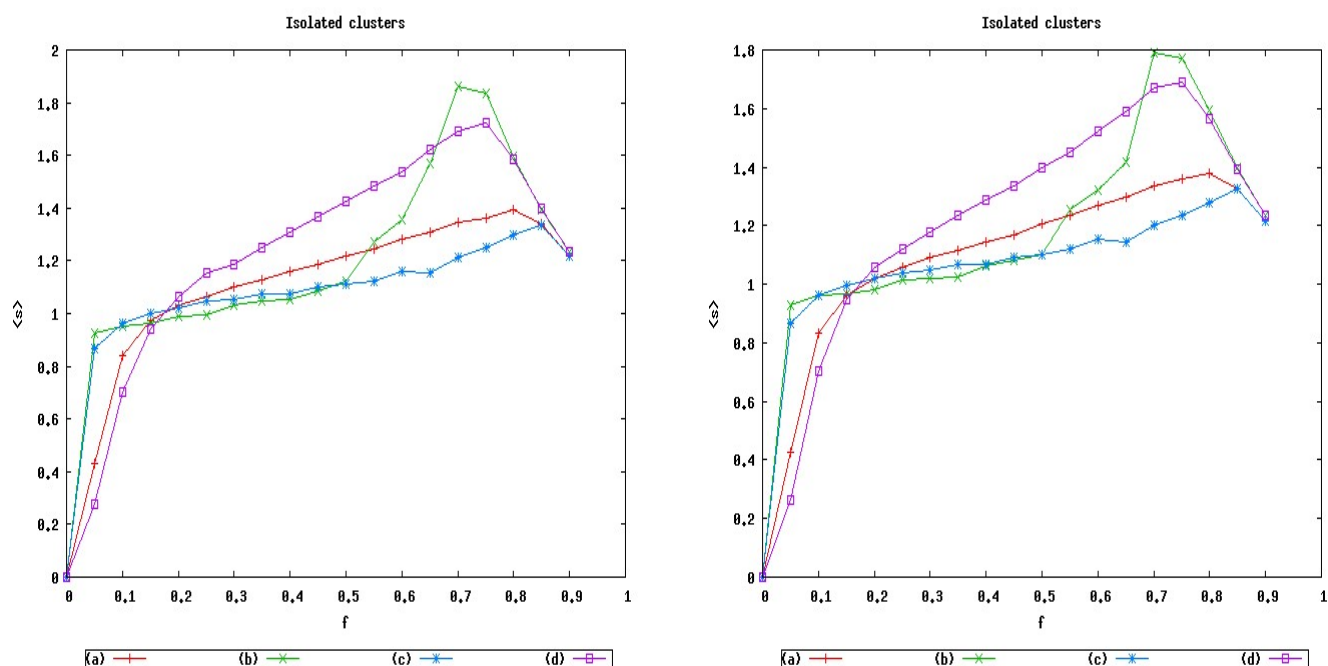


図 2-15. 名古屋地区 結合確率 001 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

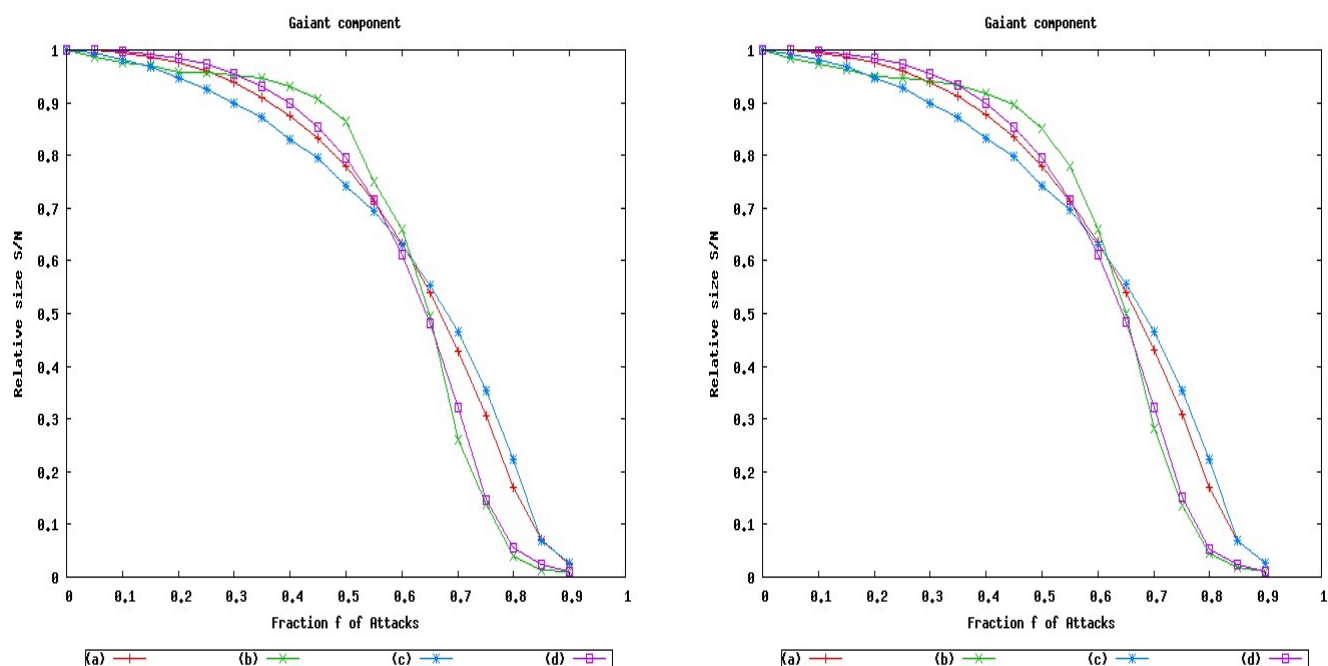


図 2-16. 名古屋地区 結合確率 001 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

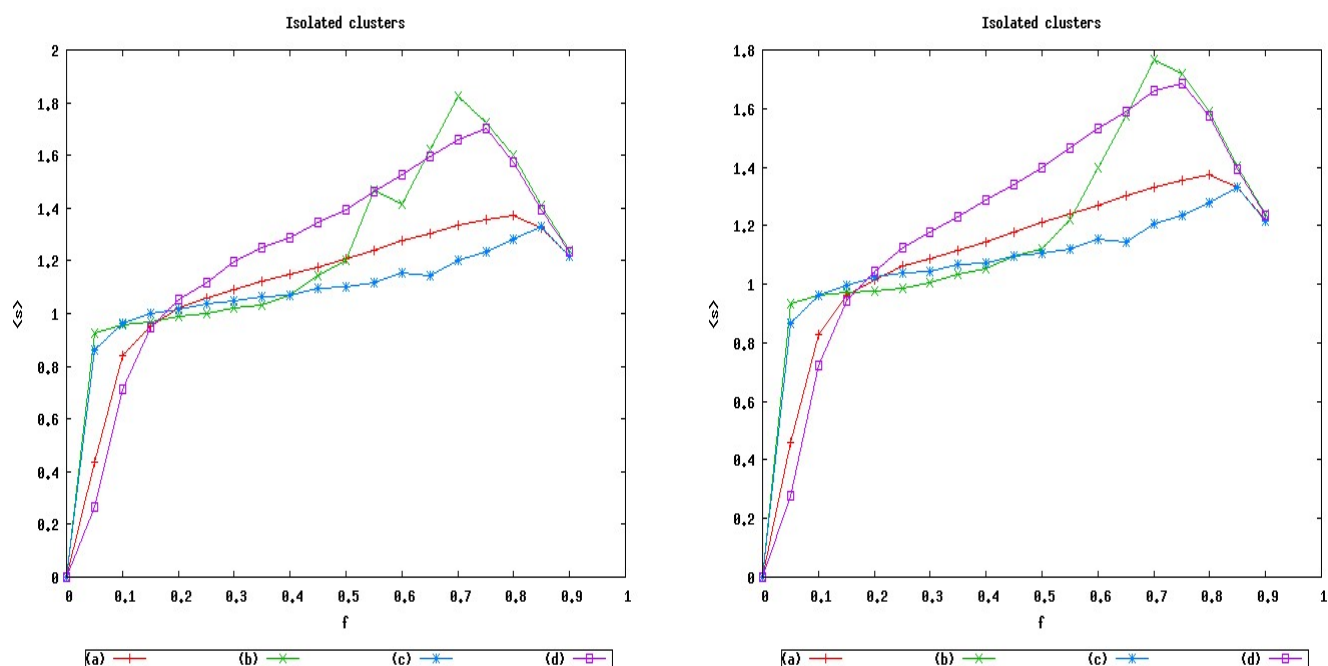


図 2-17. 岐阜地区 結合確率 0.10 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

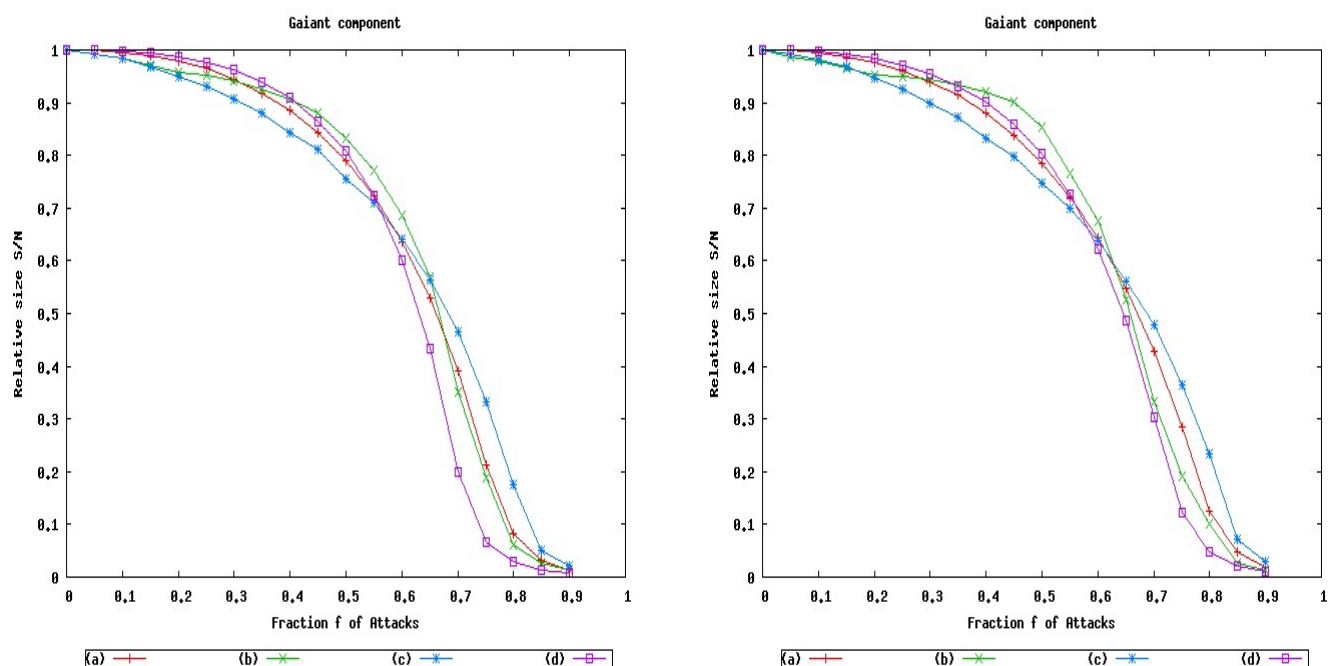


図 2-18. 岐阜地区 結合確率 0.10 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

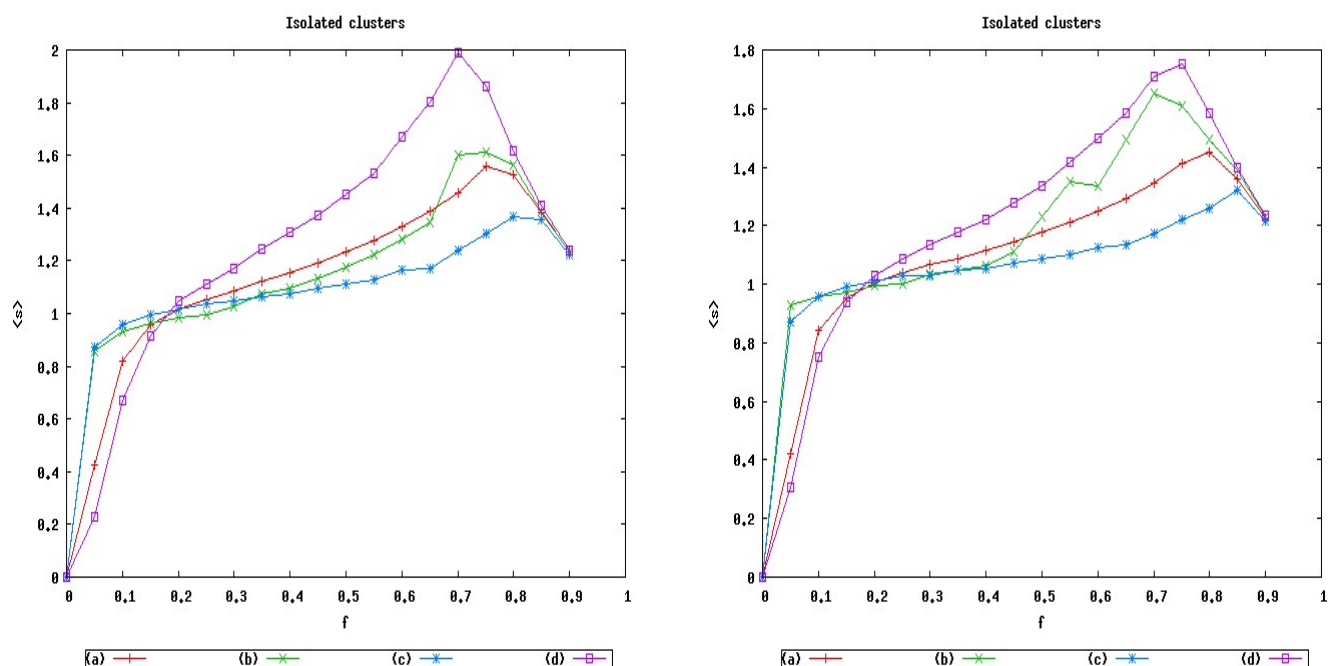


図 2-19. 石川地区 結合確率 010 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

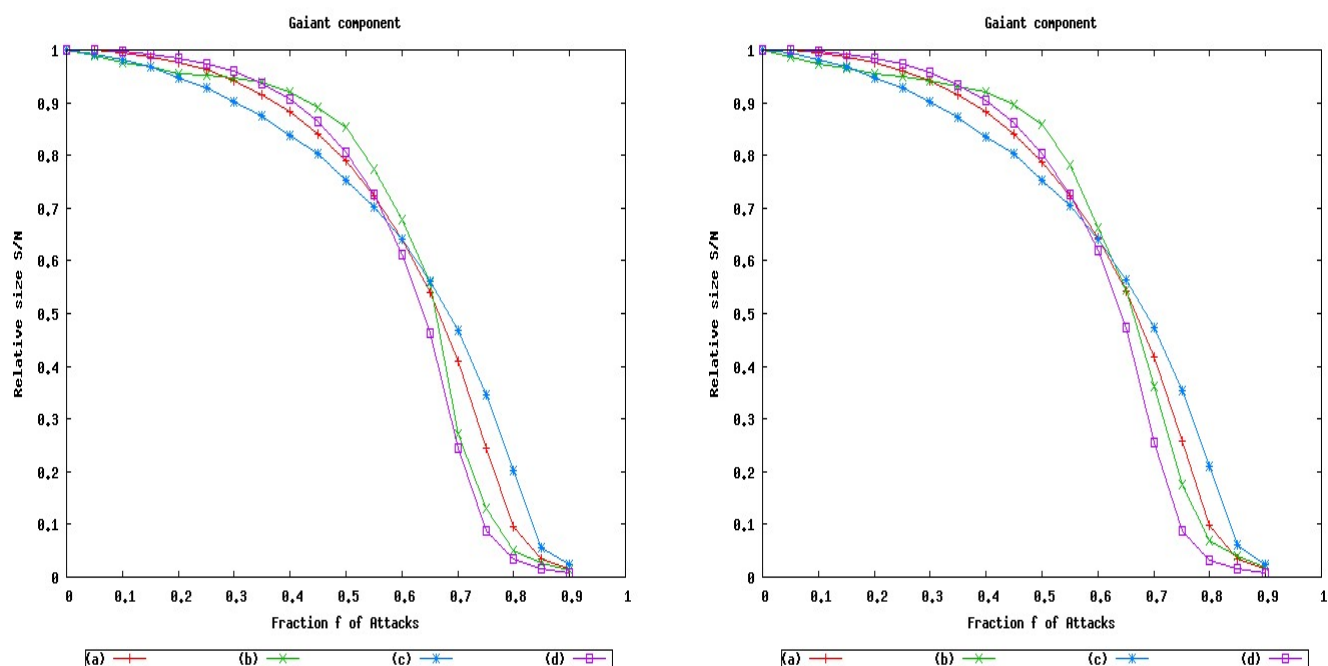


図 2-20. 石川地区 結合確率 010 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

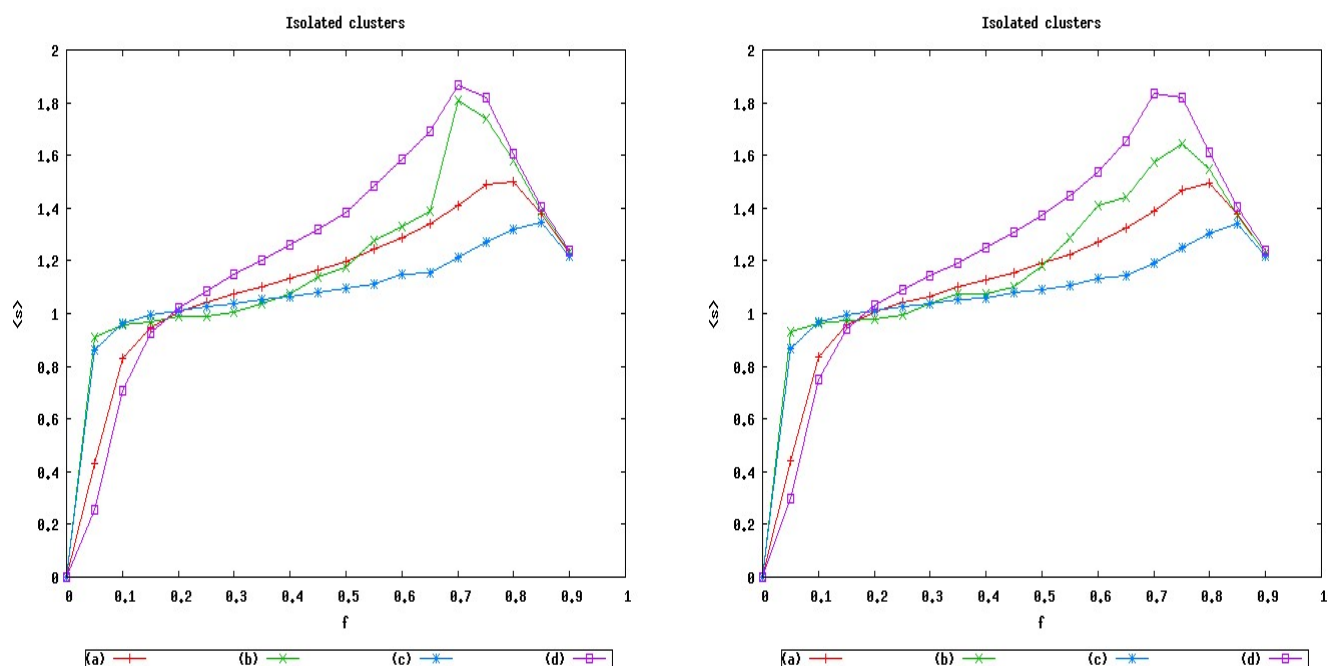


図 2-21. 京阪地区 結合確率 0.10 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

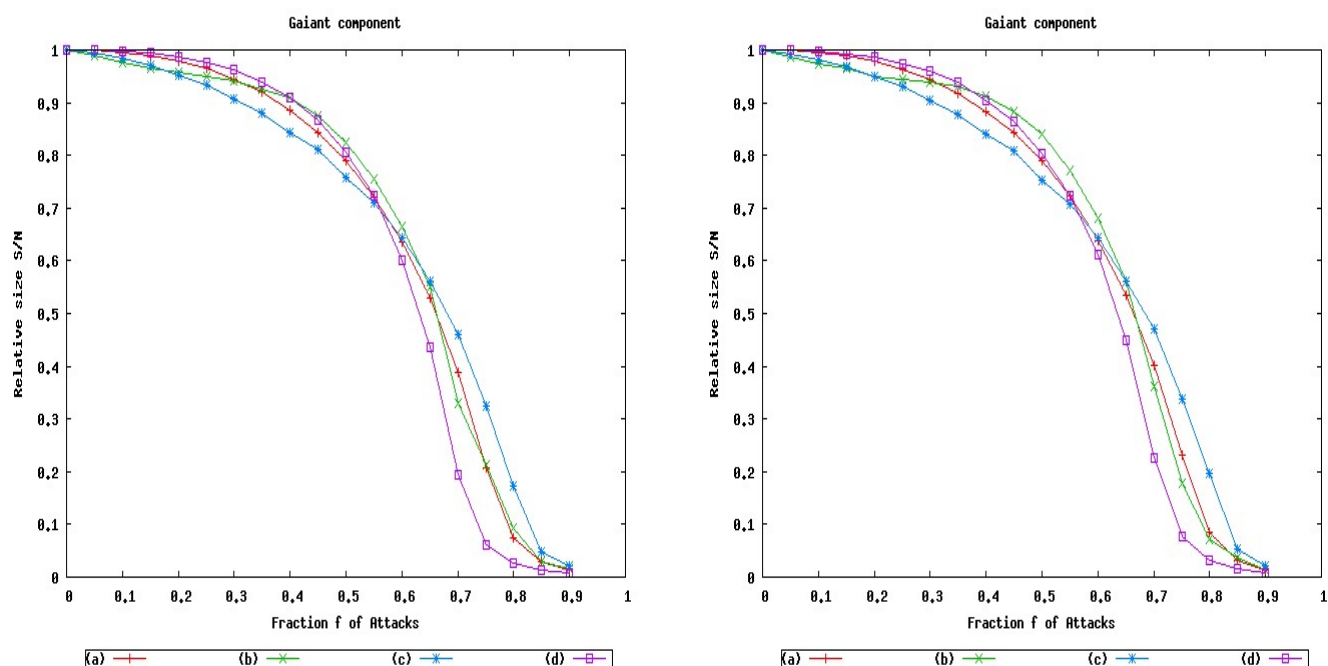


図 2-22. 京阪地区 結合確率 0.10 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

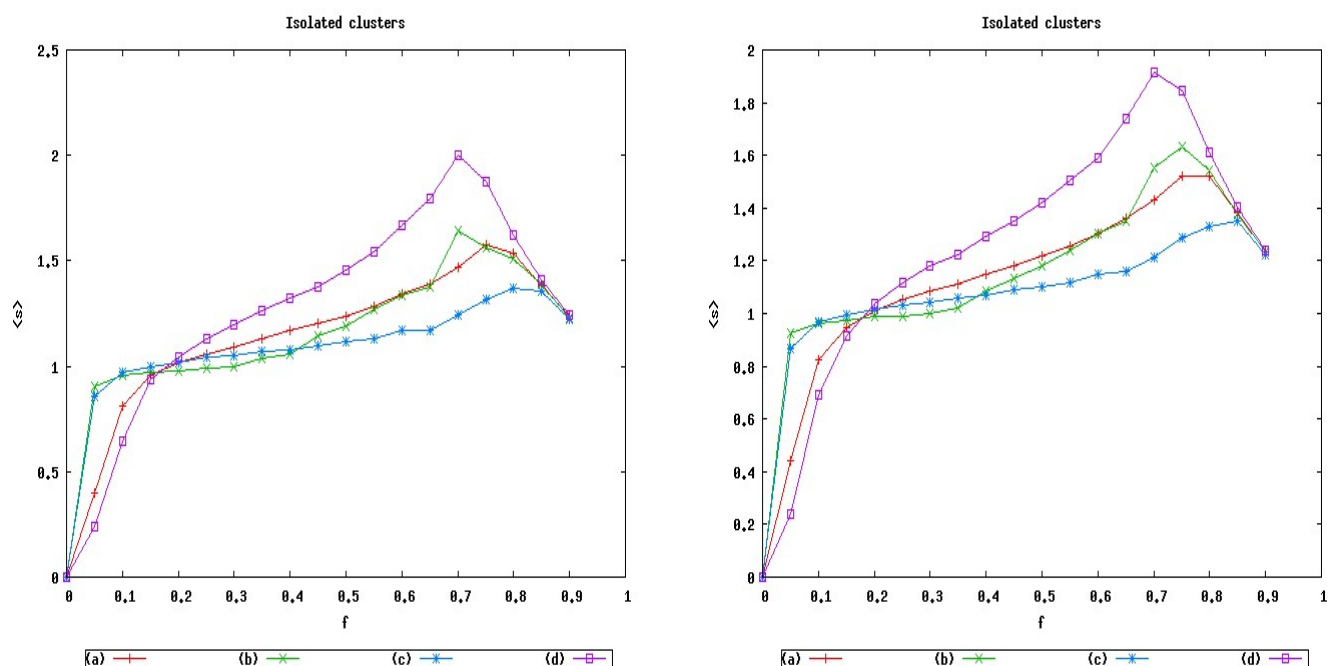


図 2-23. 名古屋地区 結合確率 0.10 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

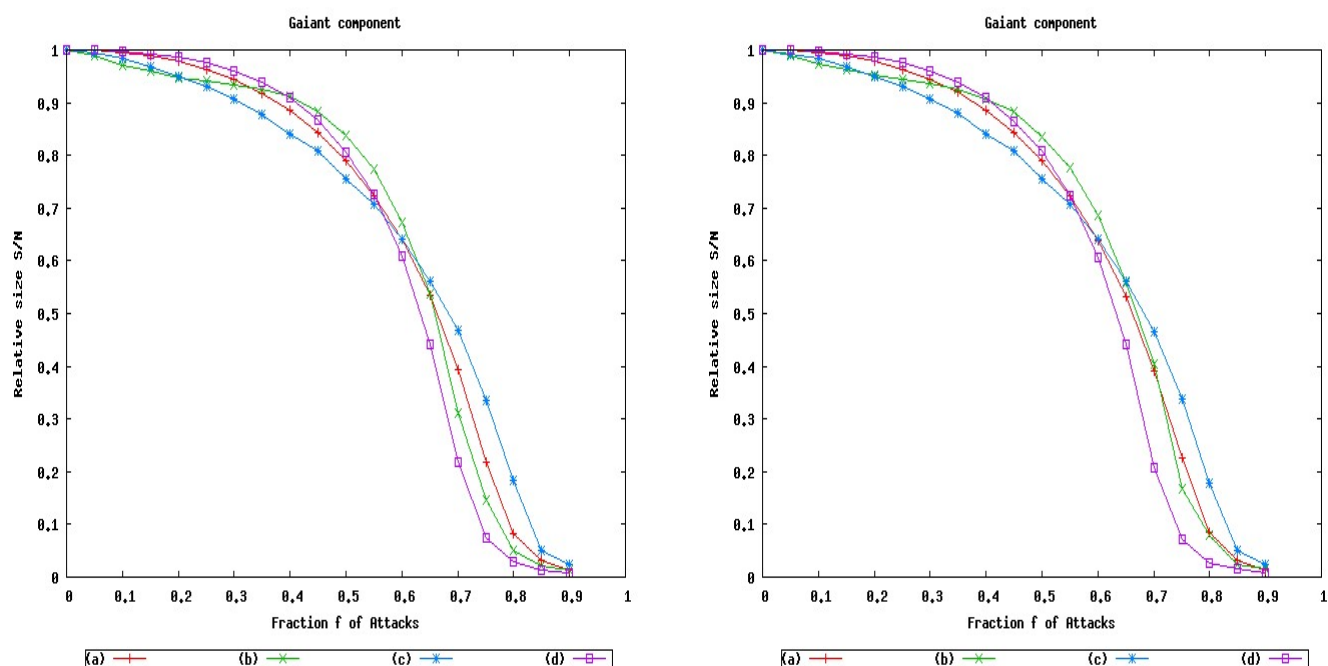


図 2-24. 名古屋地区 結合確率 0.10 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

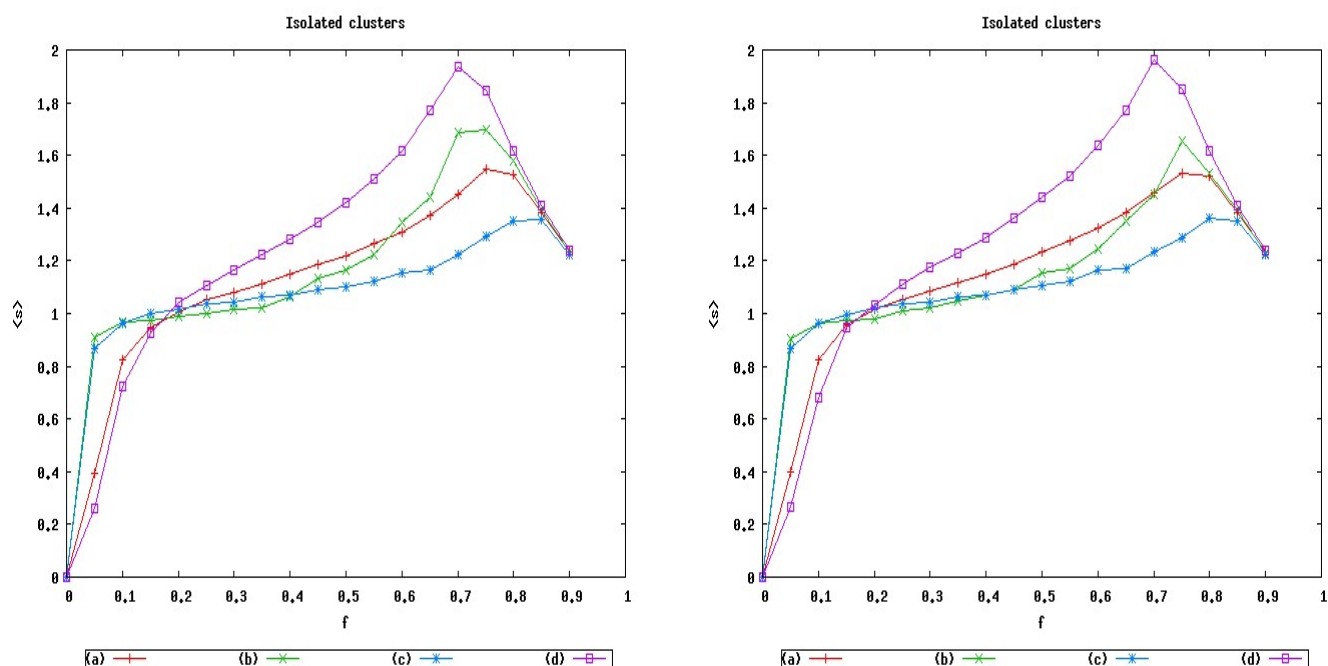


図 2-25. 岐阜地区 結合確率 011 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

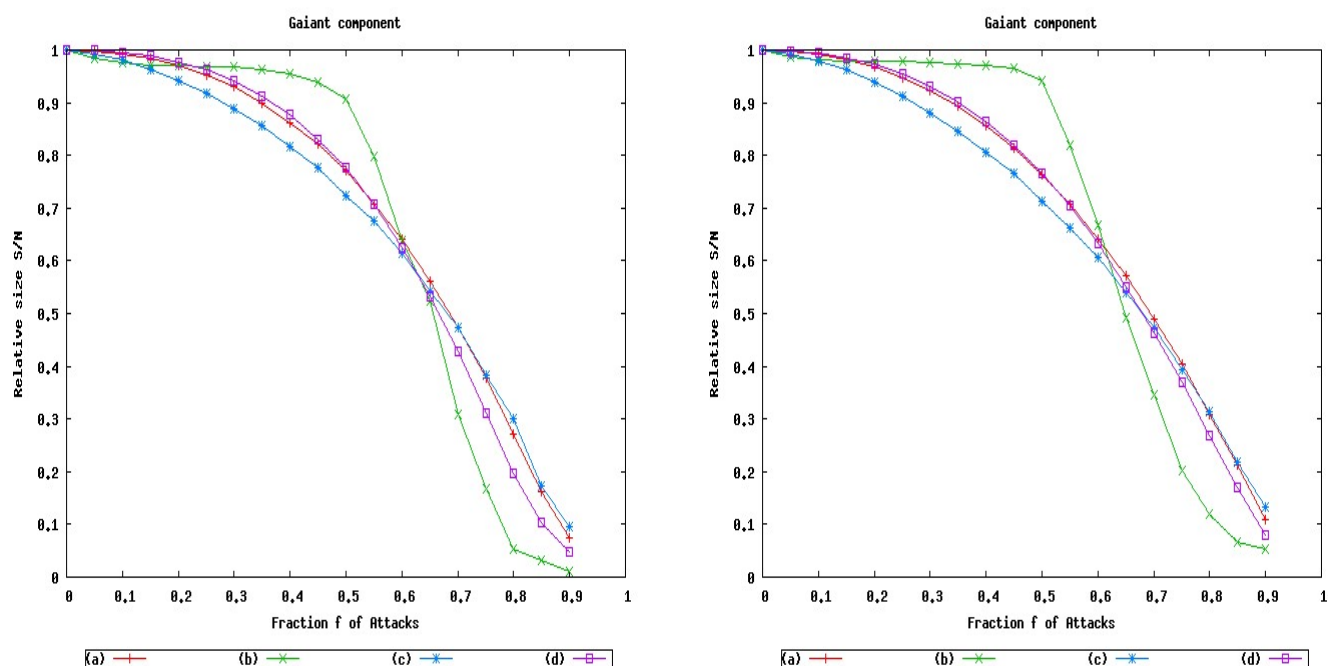


図 2-26. 岐阜地区 結合確率 011 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

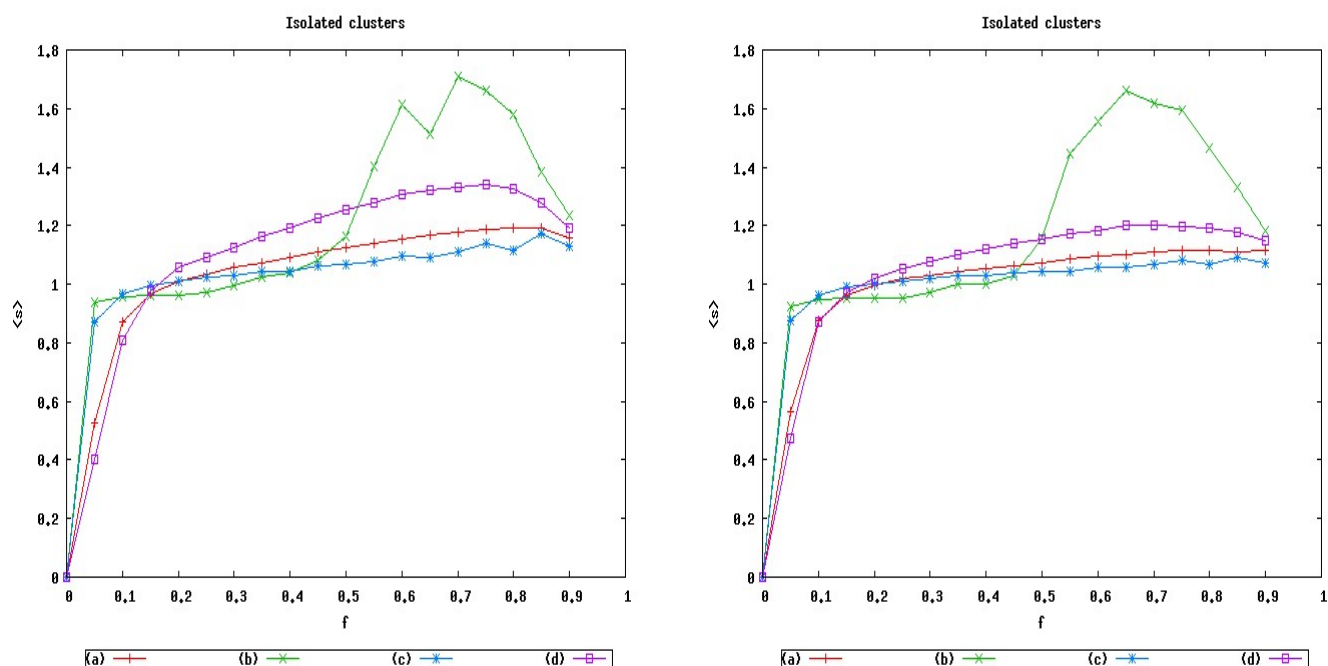


図 2-27. 石川地区 結合確率 011 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

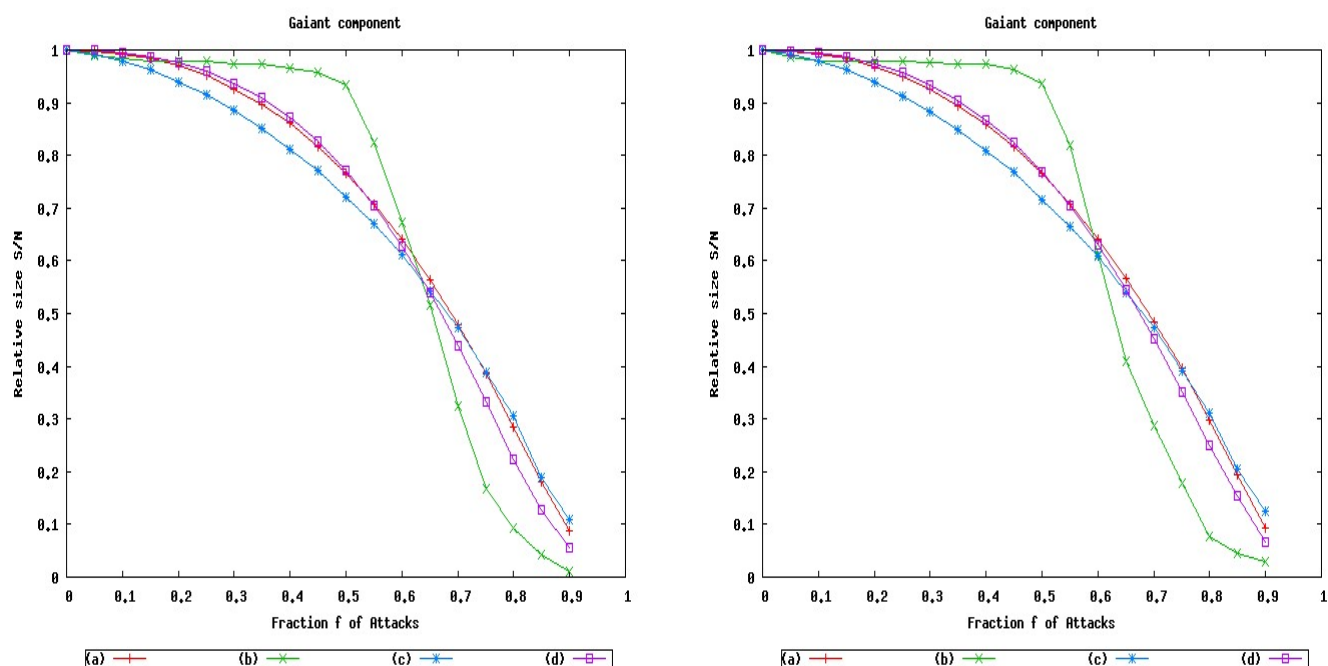


図 2-28. 石川地区 結合確率 011 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

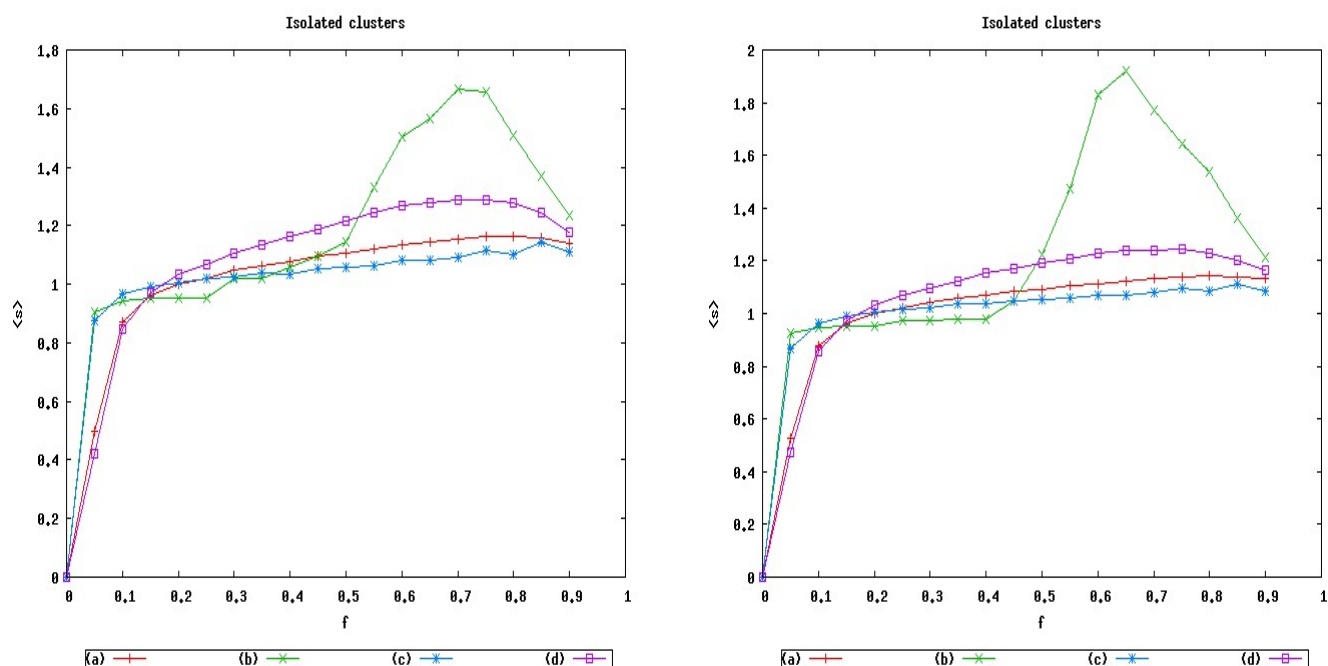


図 2-29. 京阪地区 結合確率 011 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

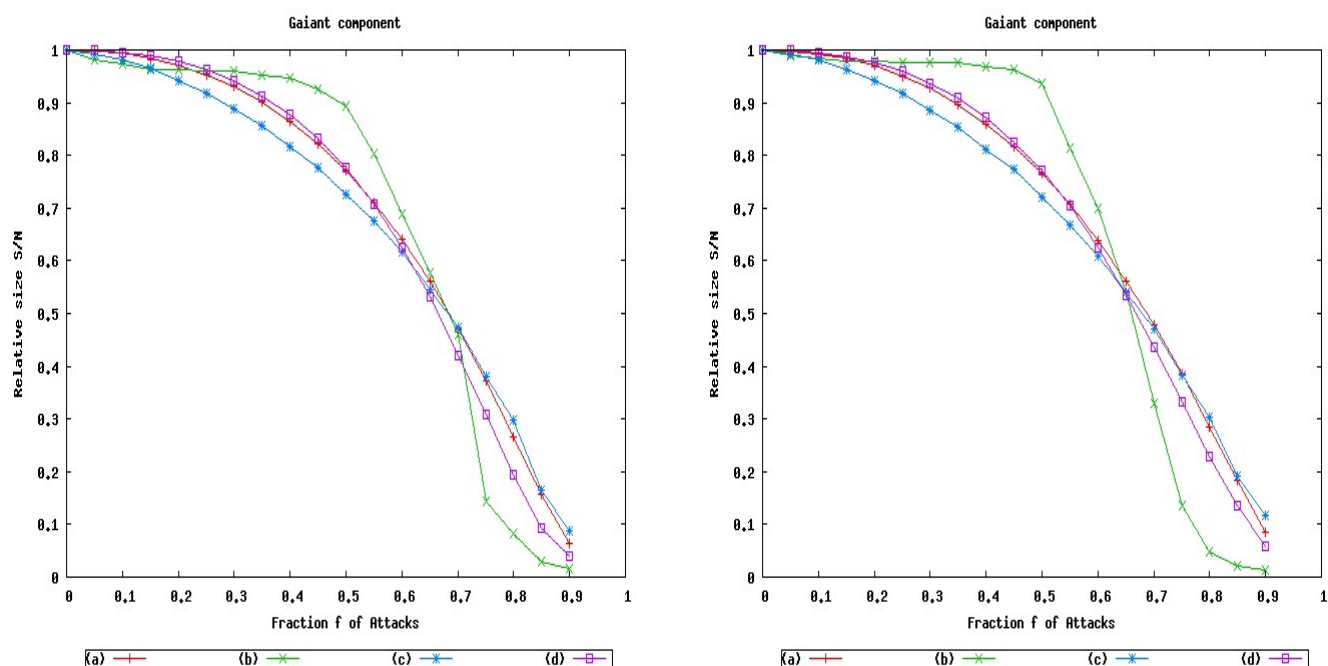


図 2-30. 京阪地区 結合確率 011 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

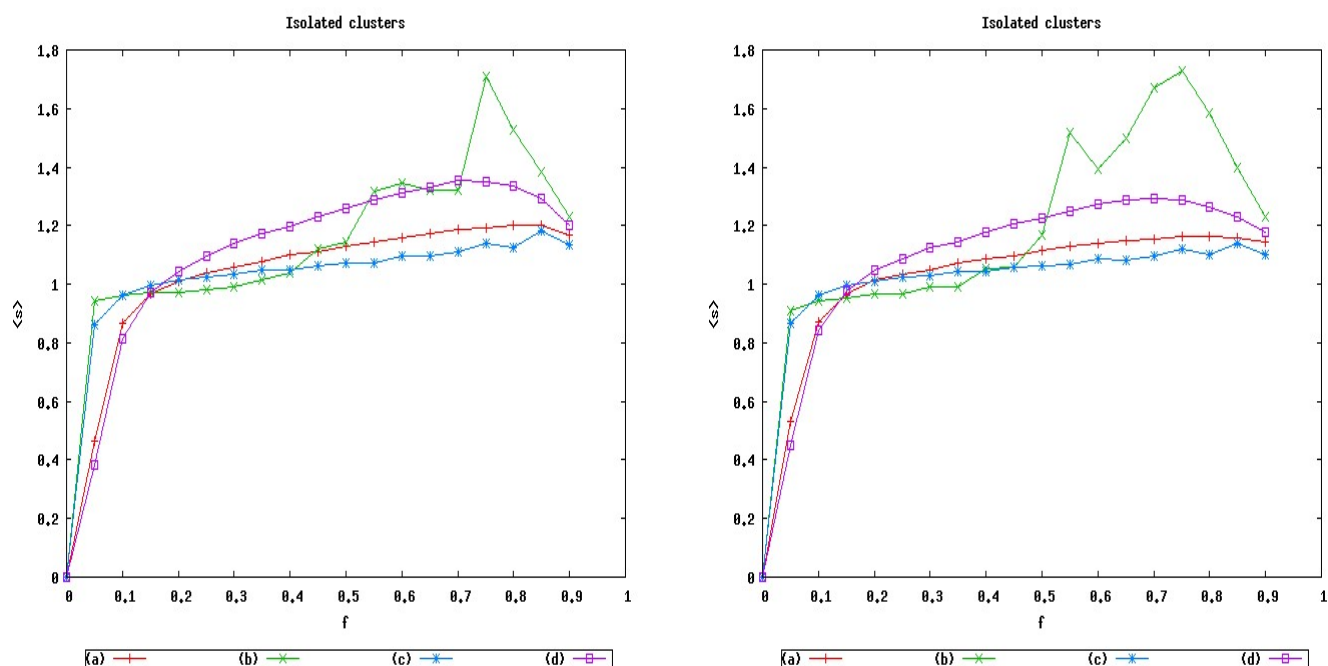


図 2-31. 名古屋地区 結合確率 011 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

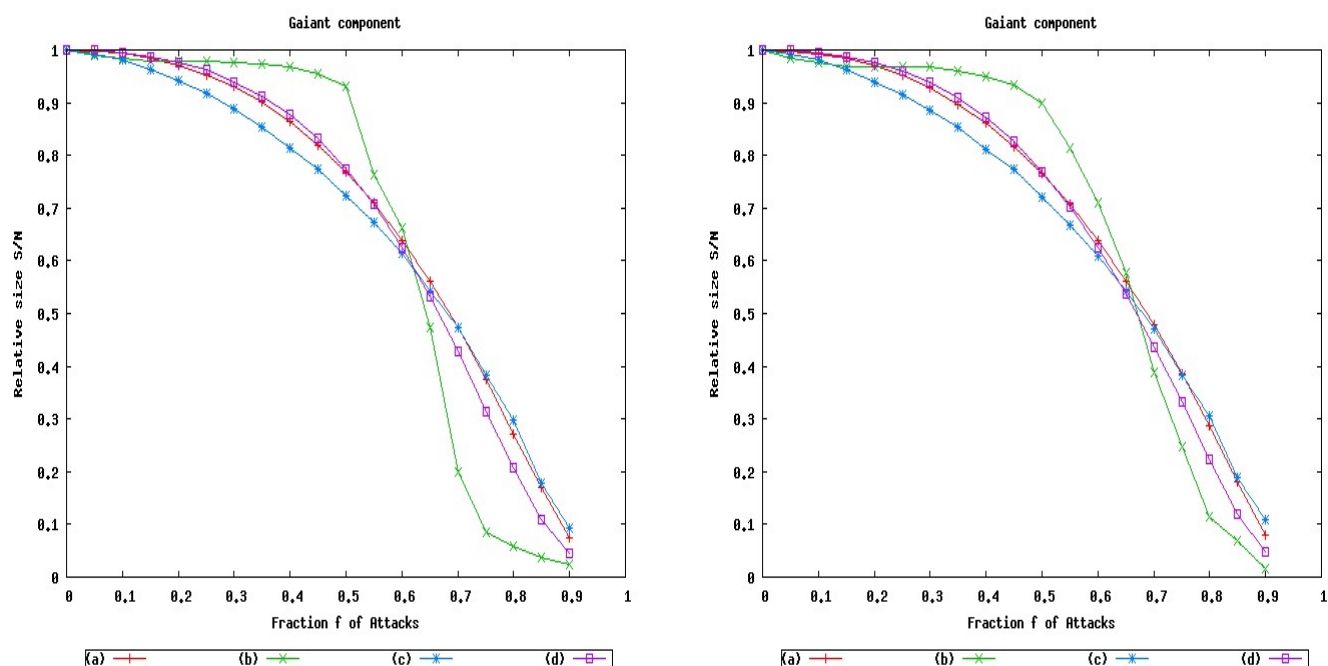


図 2-32. 名古屋地区 結合確率 011 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

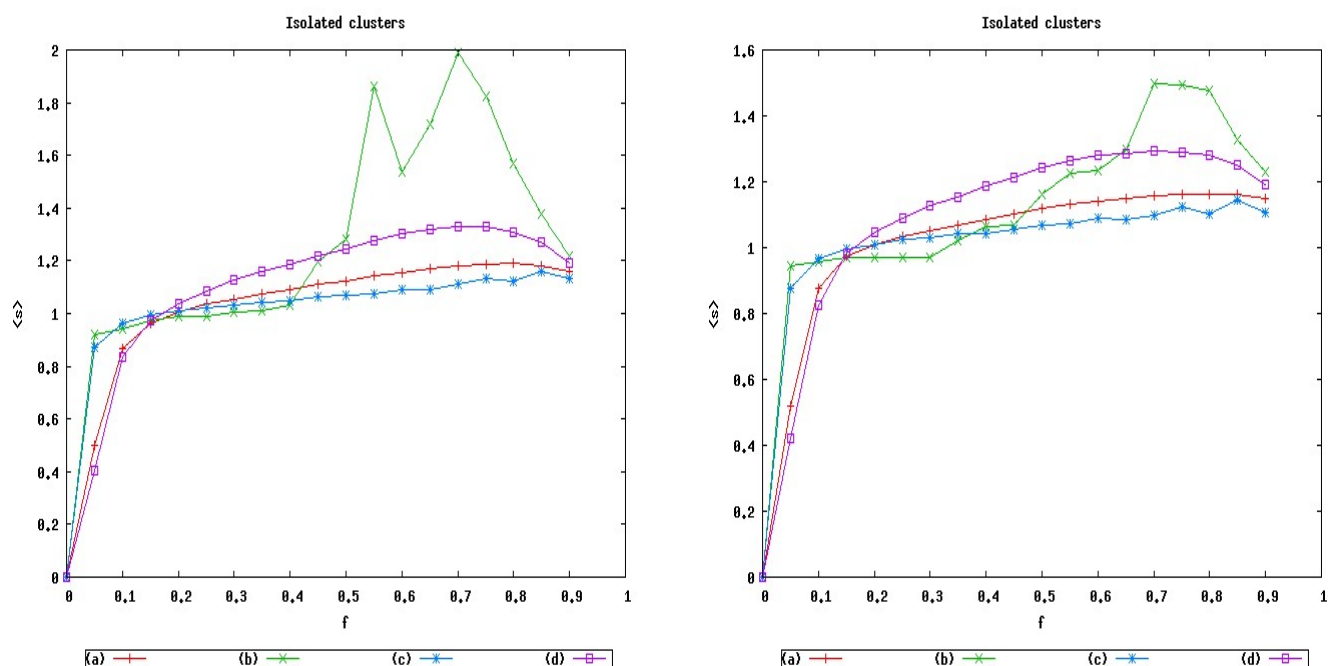


図 2-33. 岐阜地区 結合確率 100 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

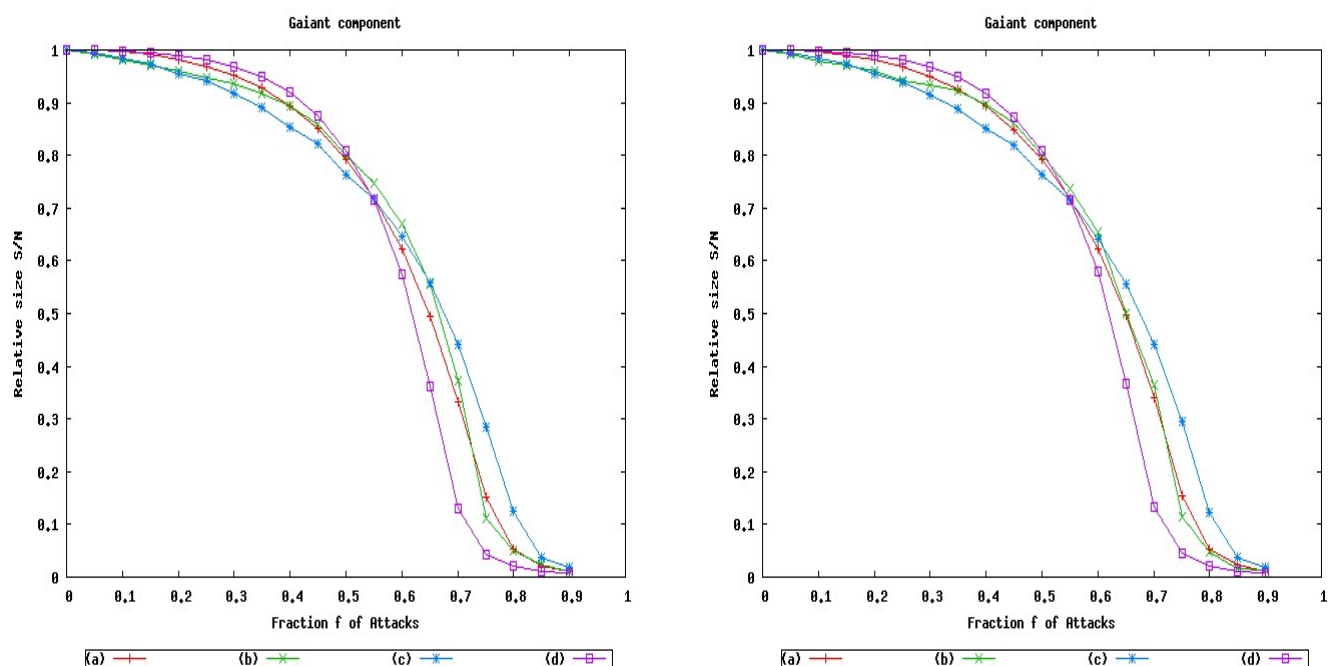


図 2-34. 岐阜地区 結合確率 100 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

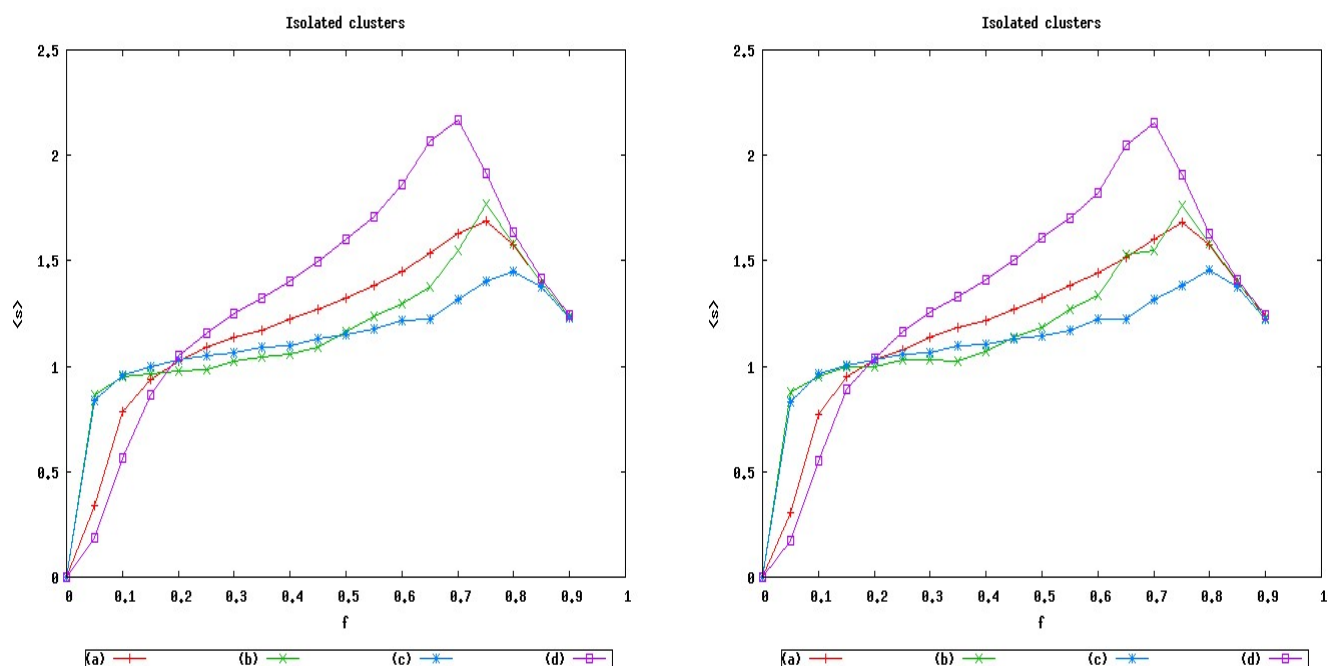


図 2-35. 石川地区 結合確率 100 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

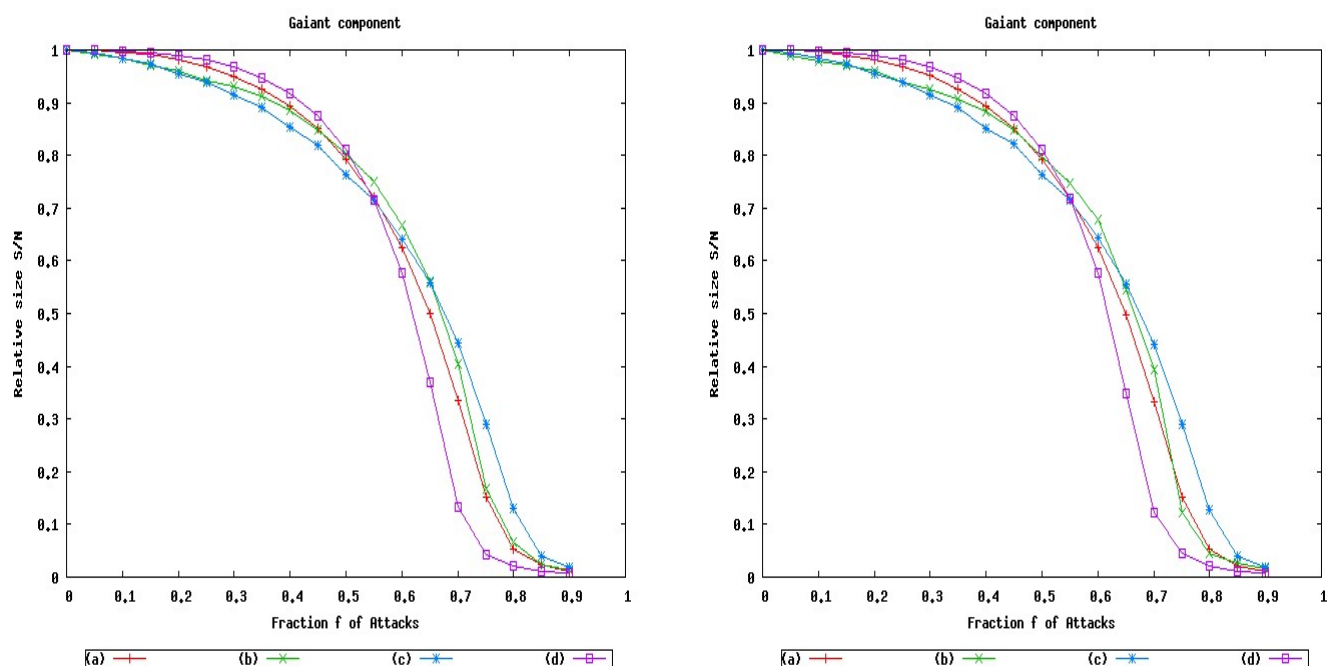


図 2-36. 石川地区 結合確率 100 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

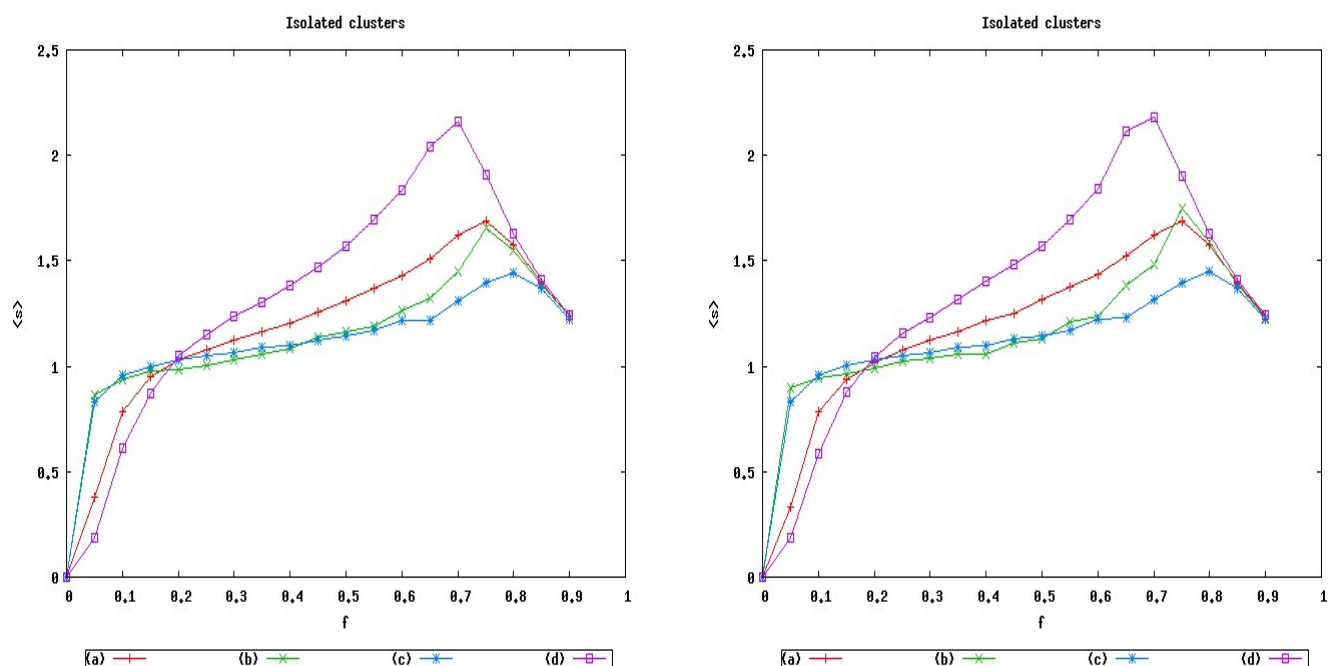


図 2-37. 京阪地区 結合確率 100 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

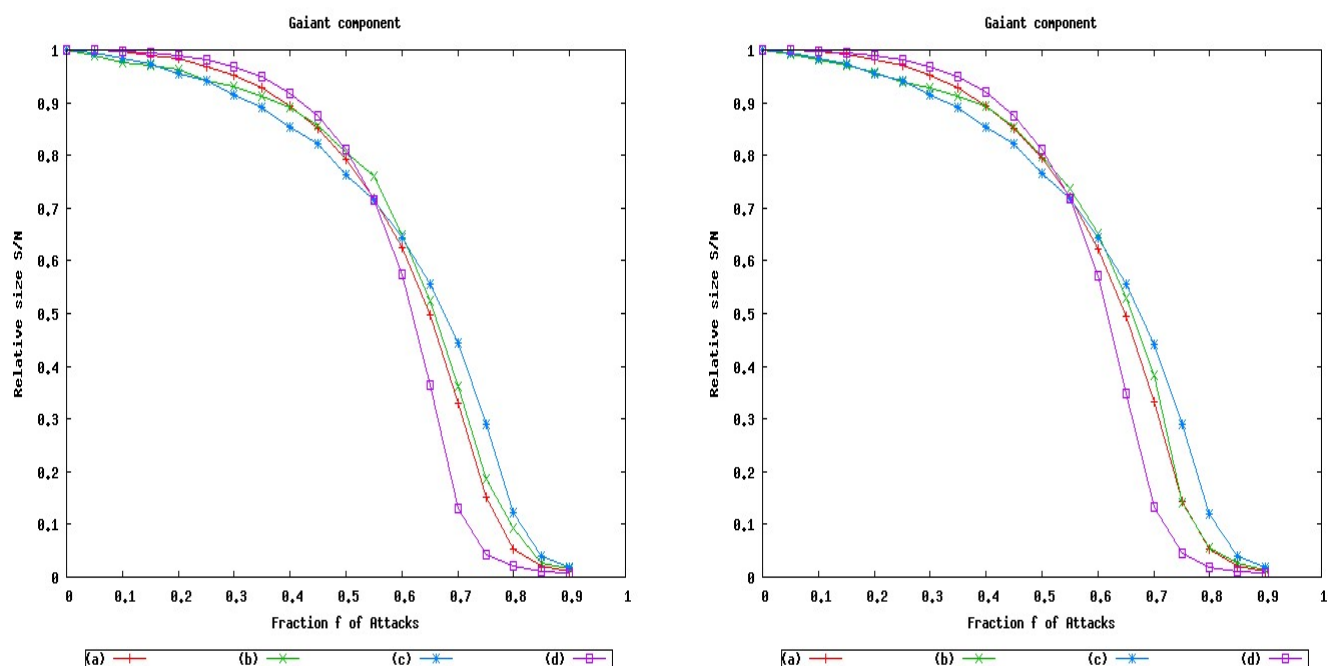


図 2-38. 京阪地区 結合確率 100 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

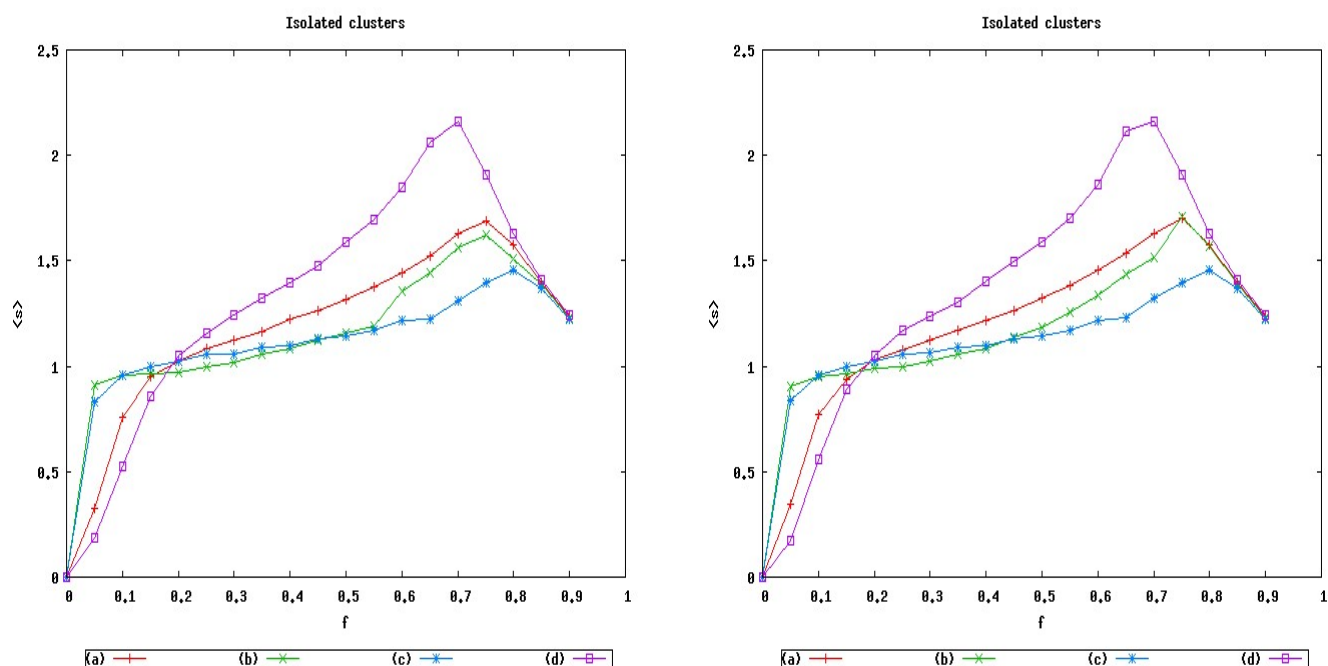


図 2-39. 名古屋地区 結合確率 100 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

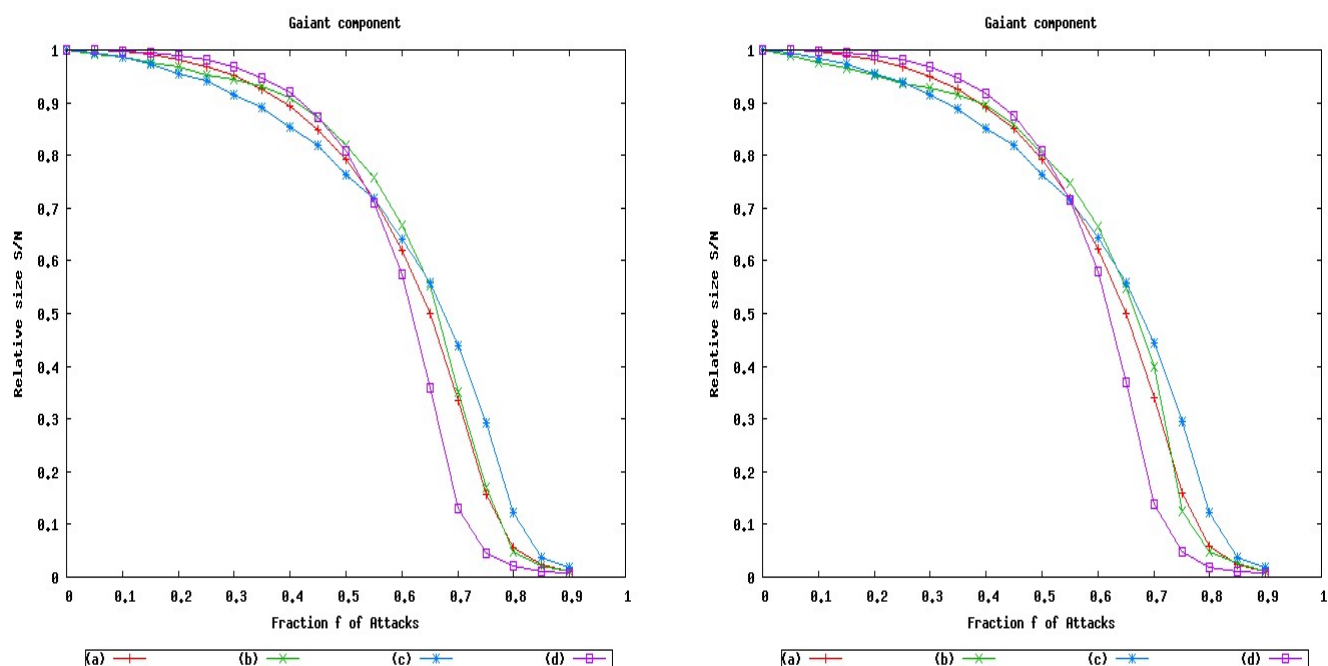


図 2-40. 名古屋地区 結合確率 100 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

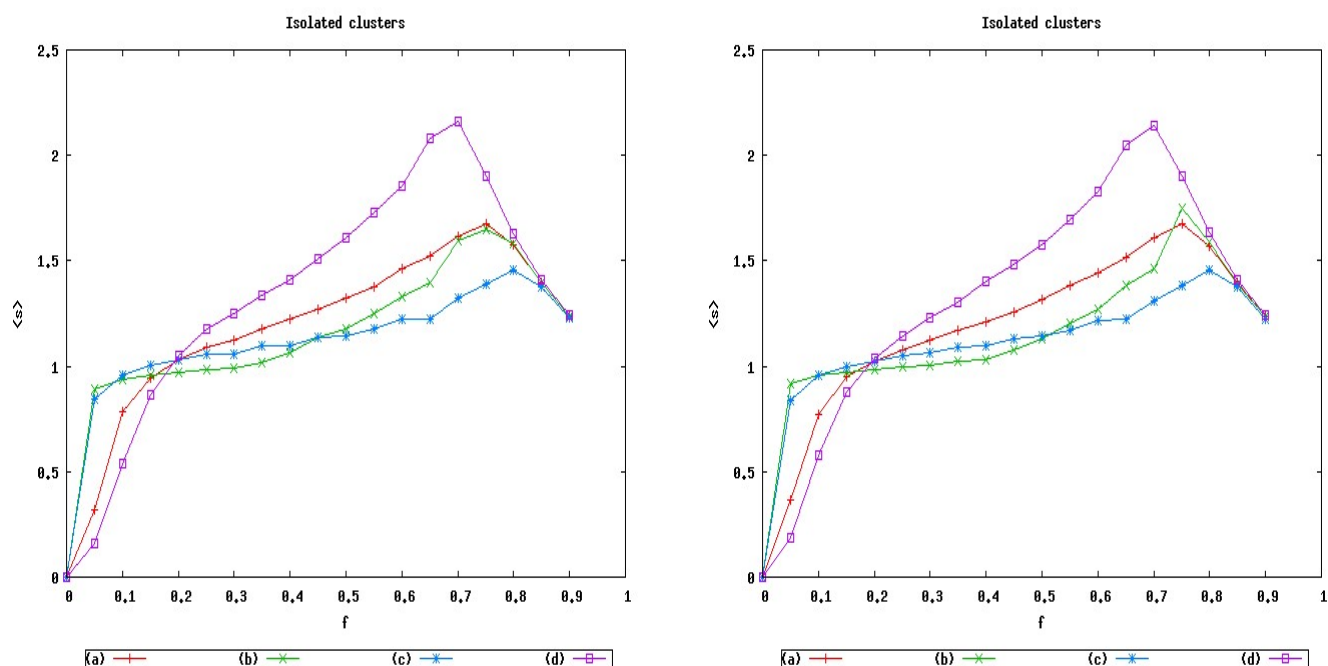


図 2-41. 岐阜地区 結合確率 101 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

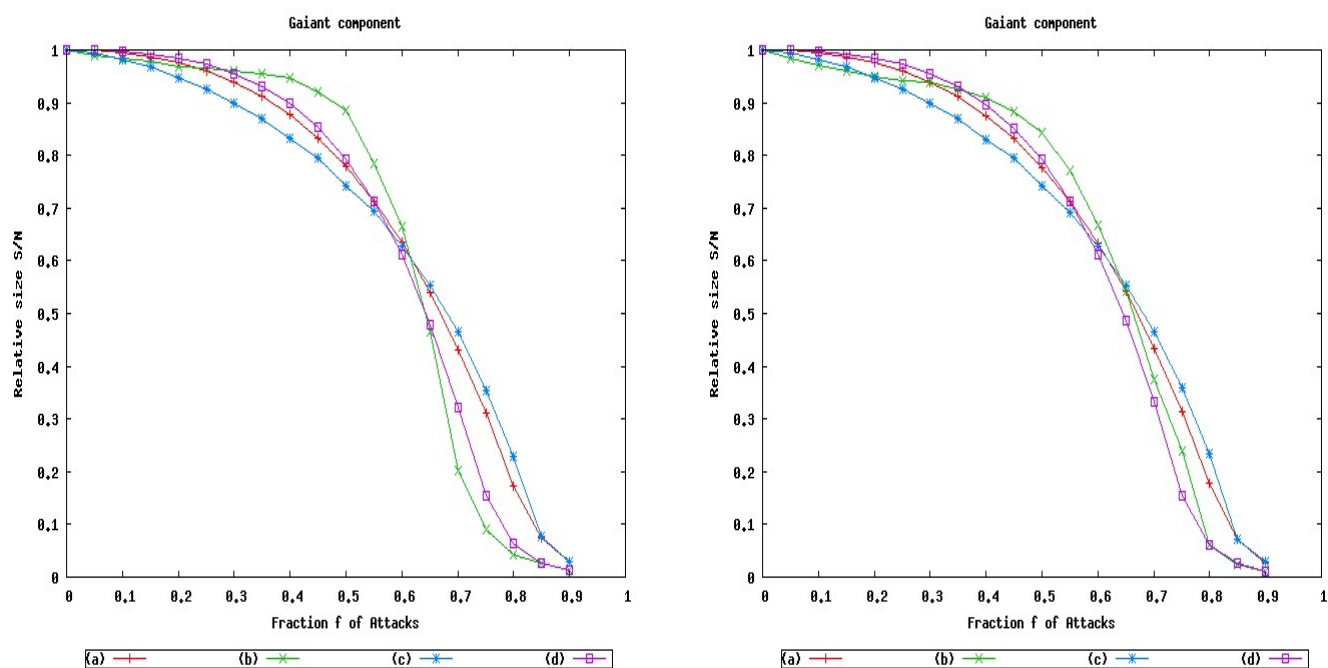


図 2-42. 岐阜地区 結合確率 101 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

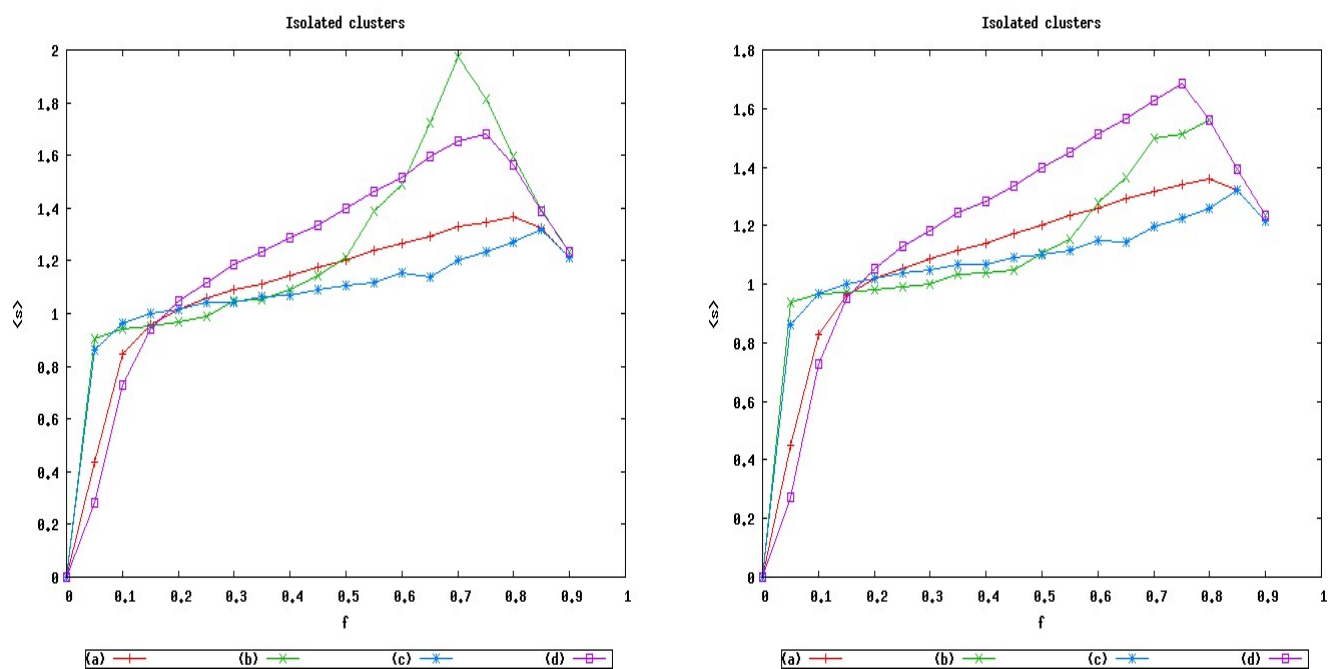


図 2-43. 石川地区 結合確率 101 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

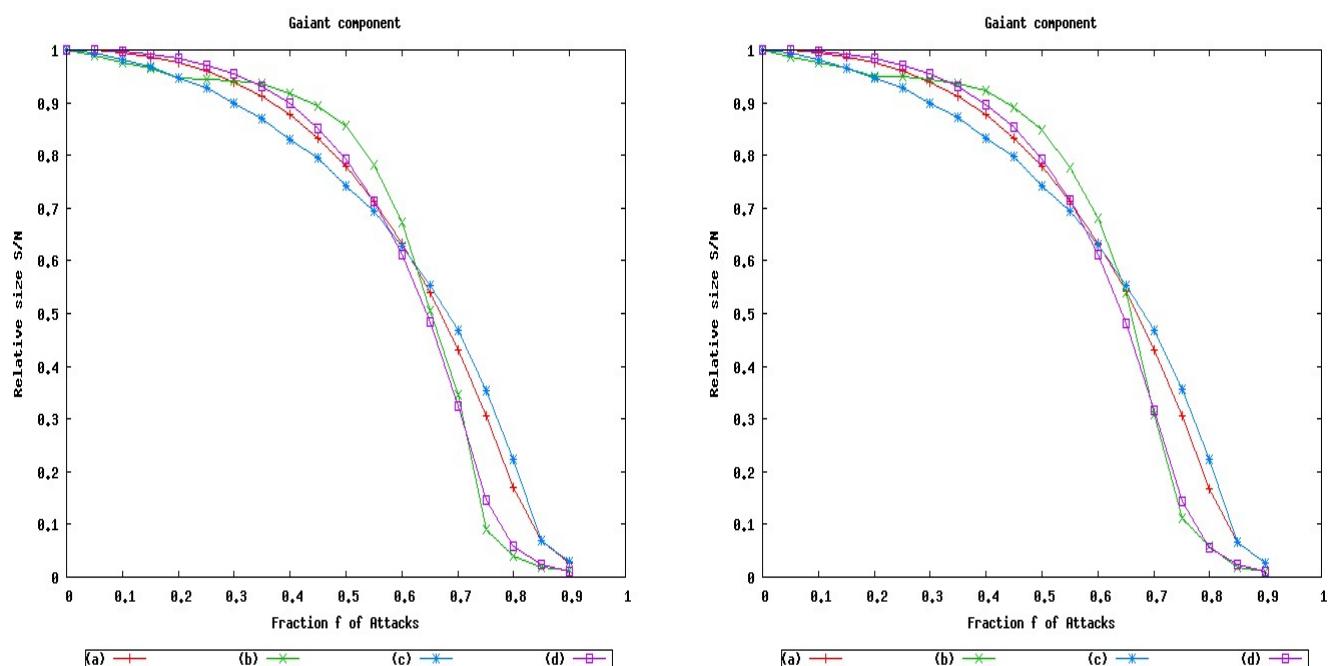


図 2-44. 石川地区 結合確率 101 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

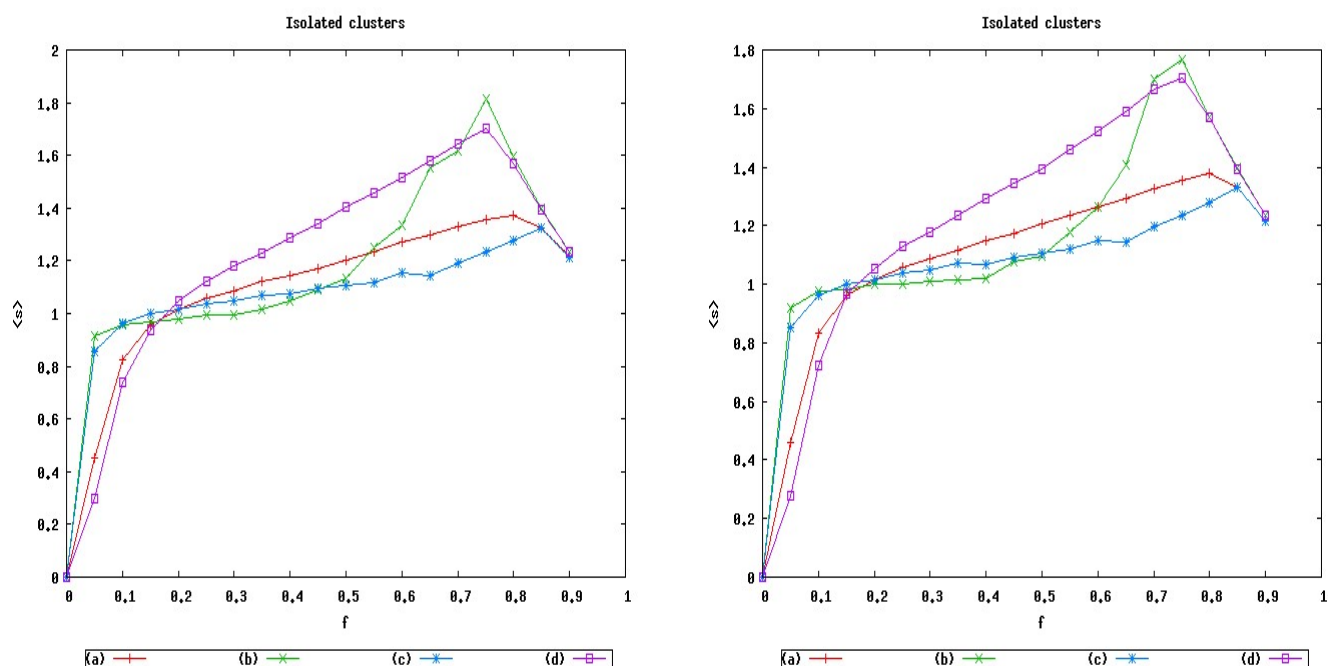


図 2-45. 京阪地区 結合確率 101 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

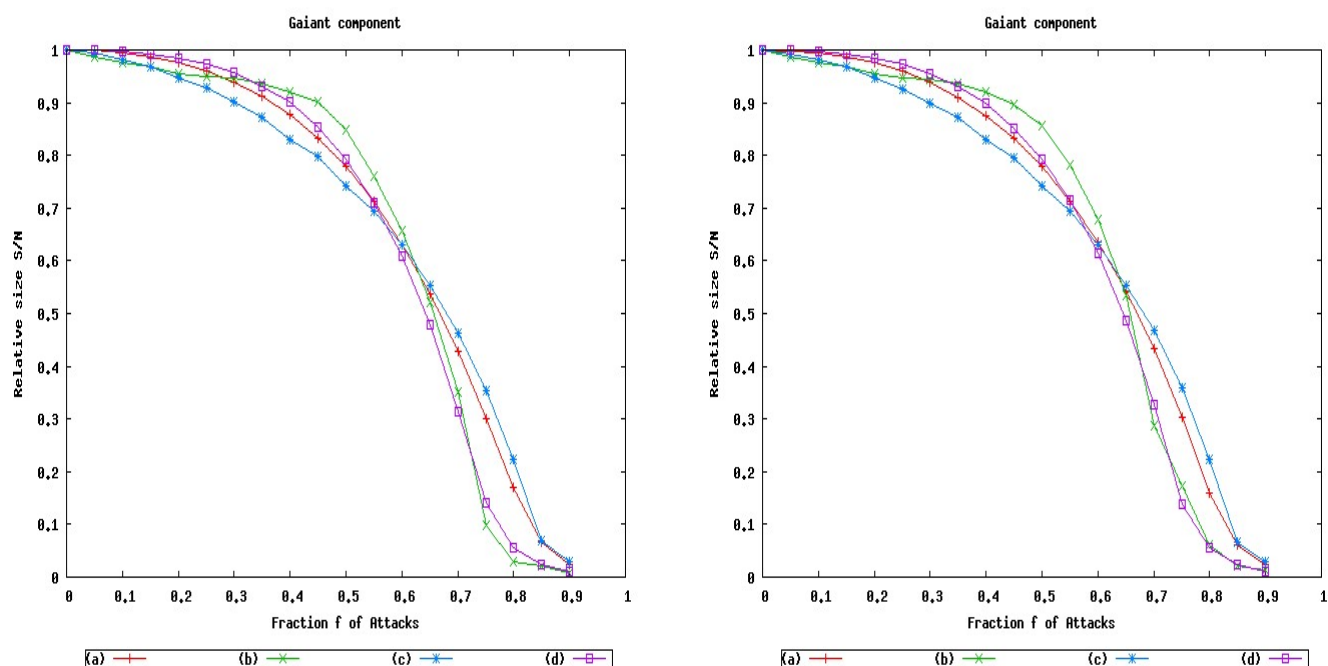


図 2-46. 京阪地区 結合確率 101 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

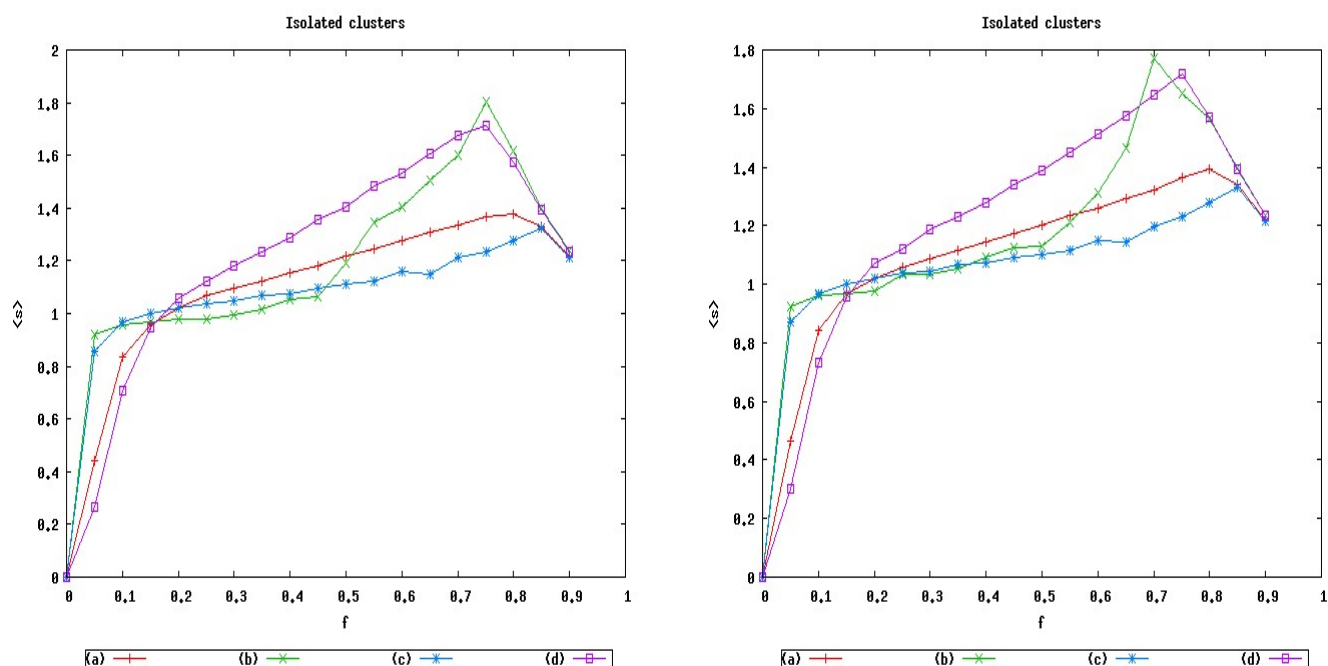


図 2-47. 名古屋地区 結合確率 101 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

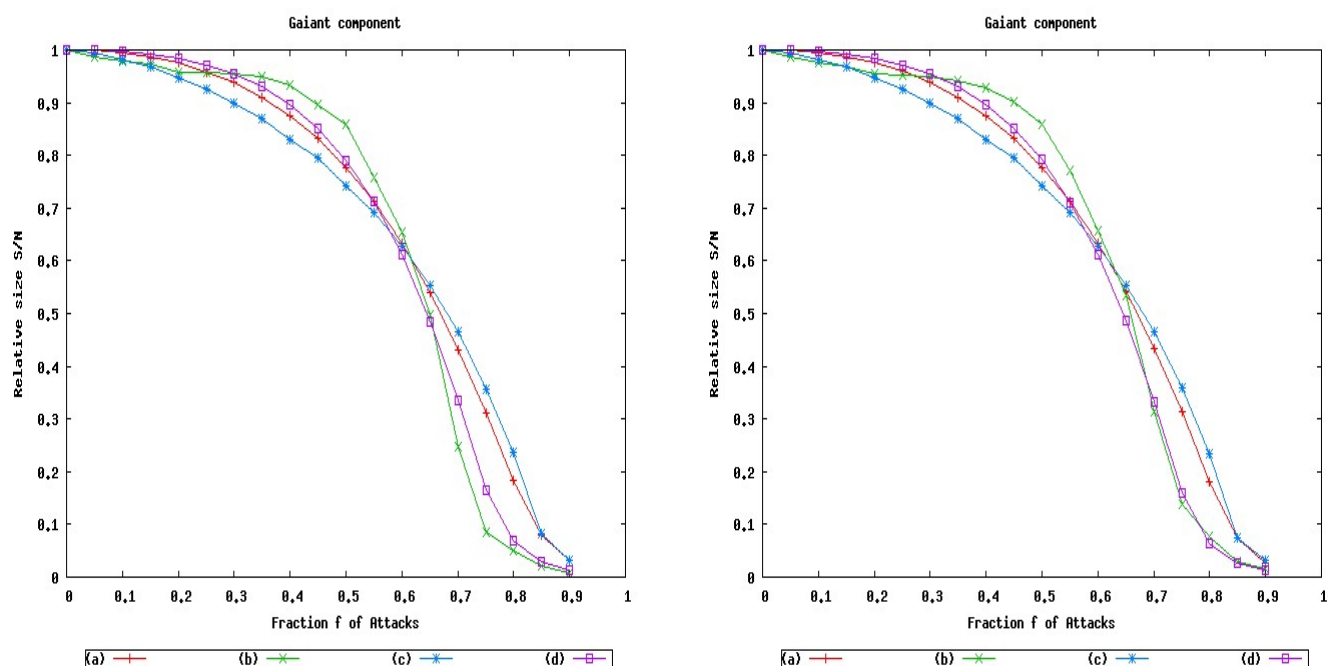


図 2-48. 名古屋地区 結合確率 101 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

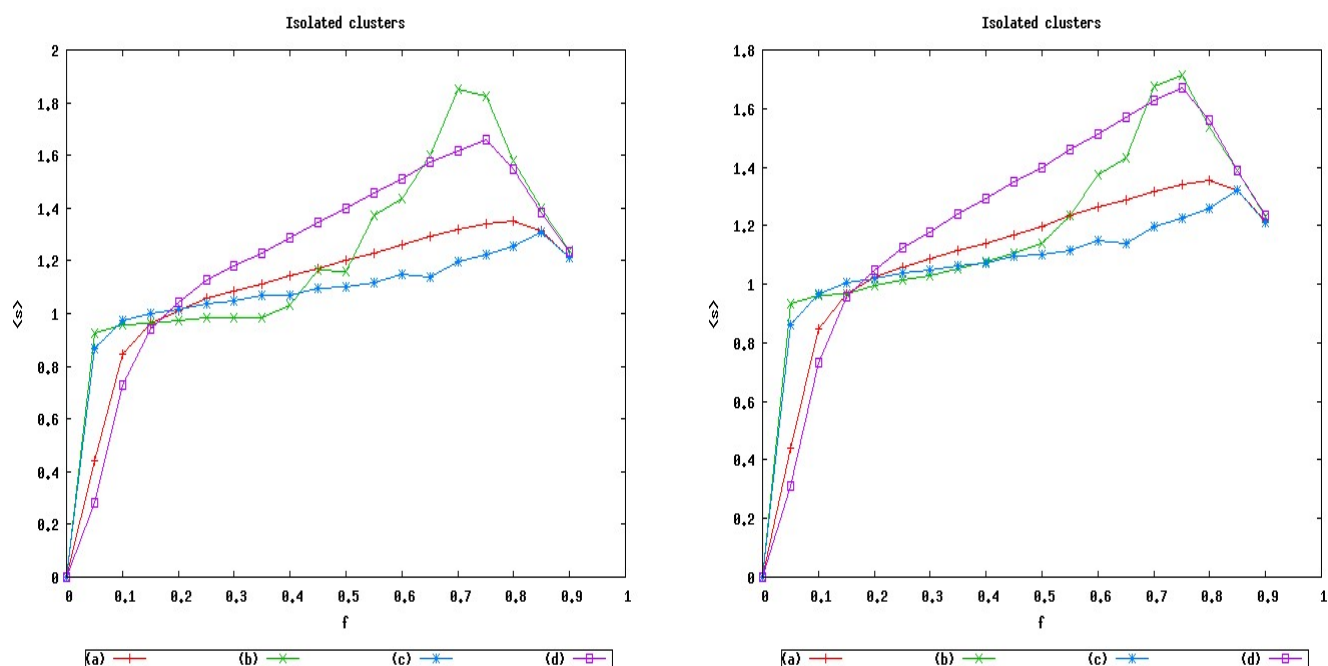


図 2-49. 岐阜地区 結合確率 110 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

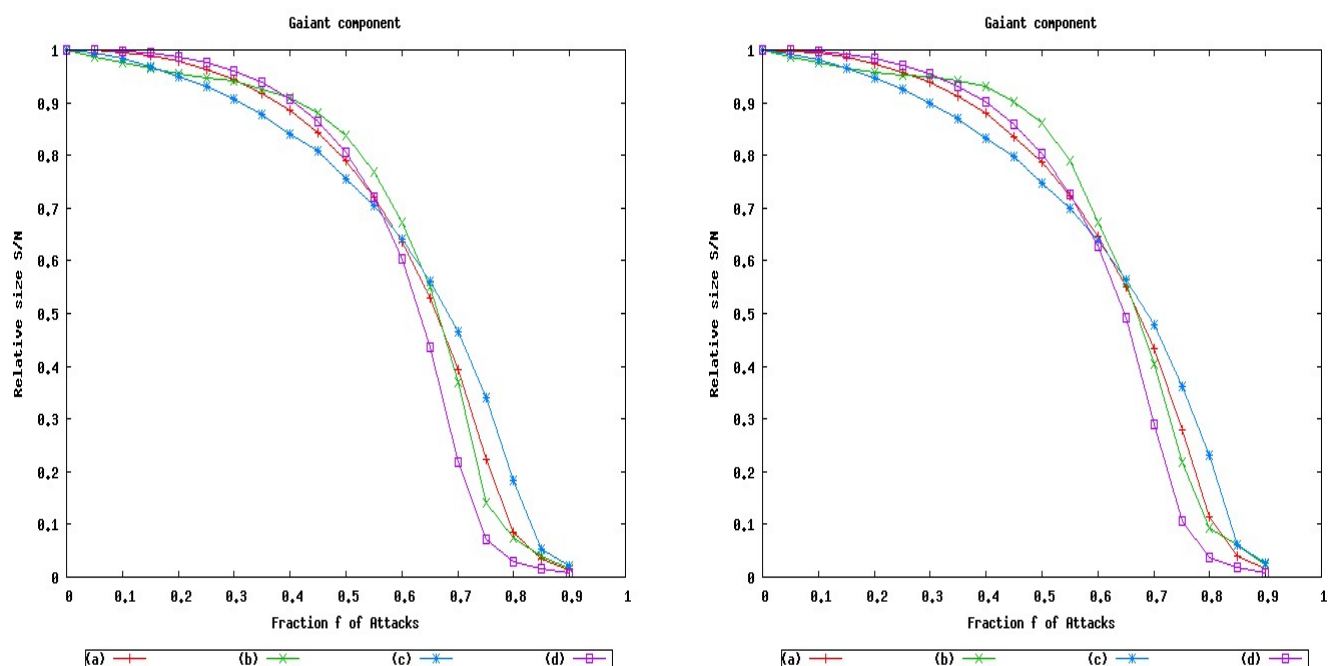


図 2-50. 岐阜地区 結合確率 110 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

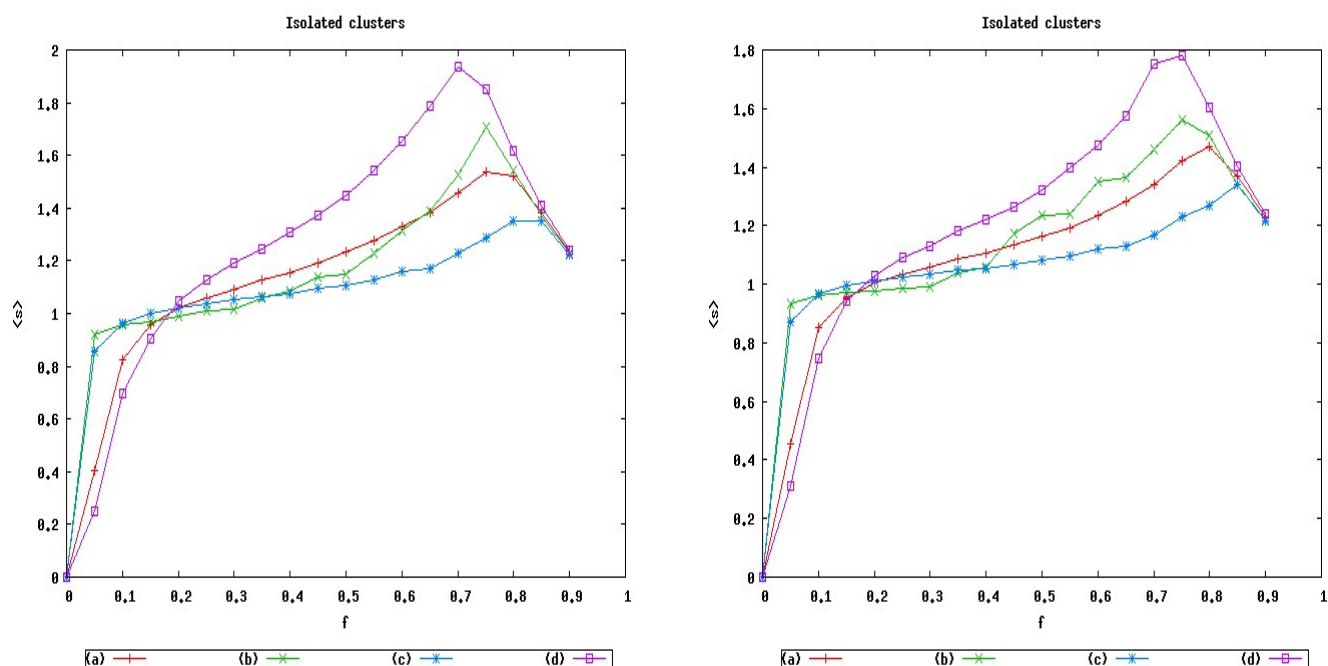


図 2-51. 石川地区 結合確率 110 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

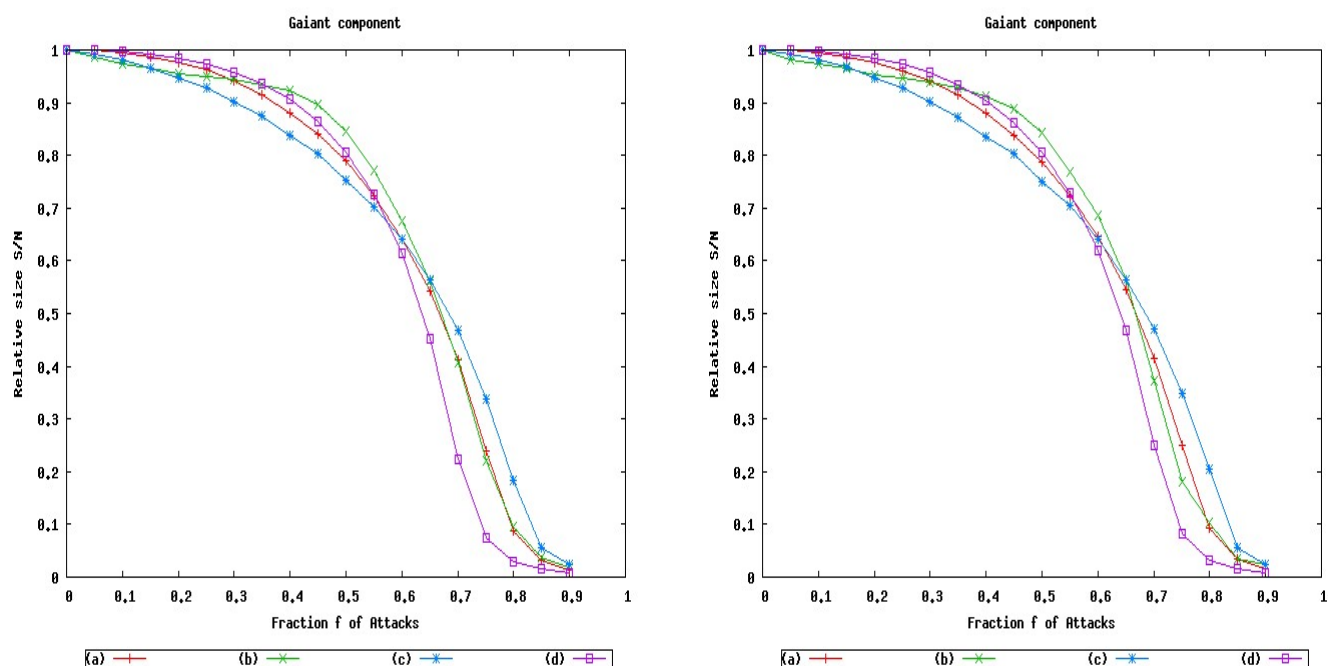


図 2-52. 石川地区 結合確率 110 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

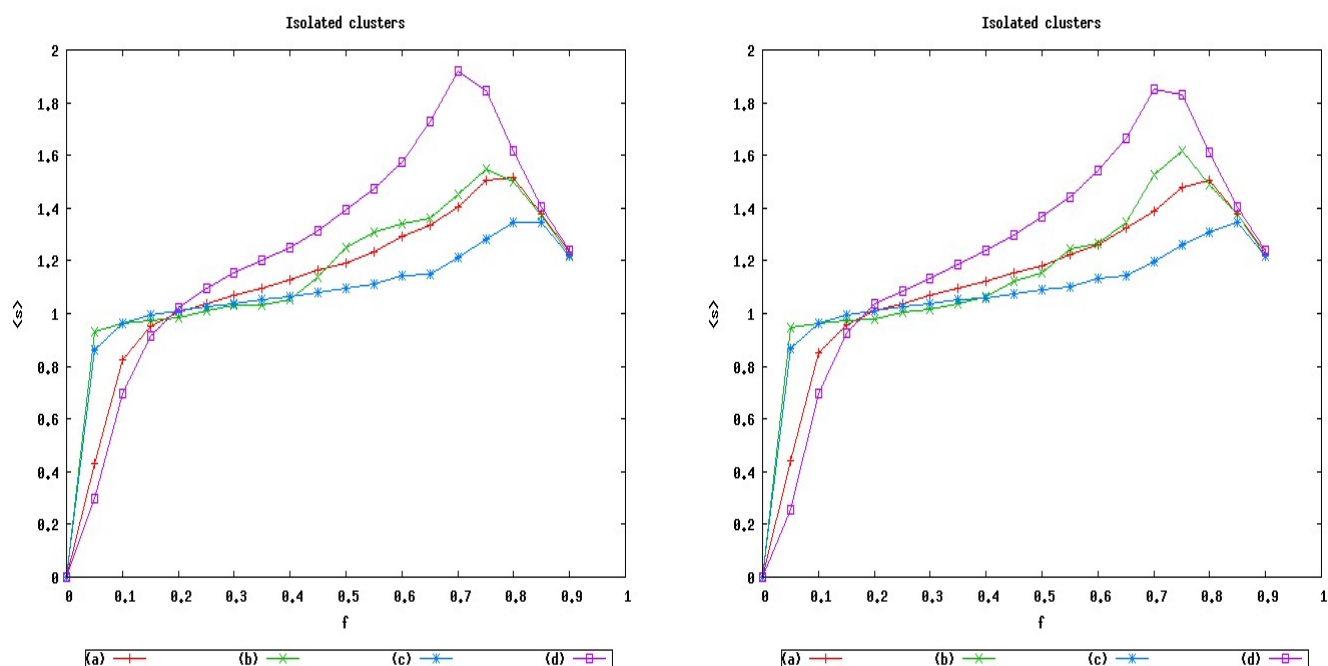


図 2-53. 京阪地区 結合確率 110 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

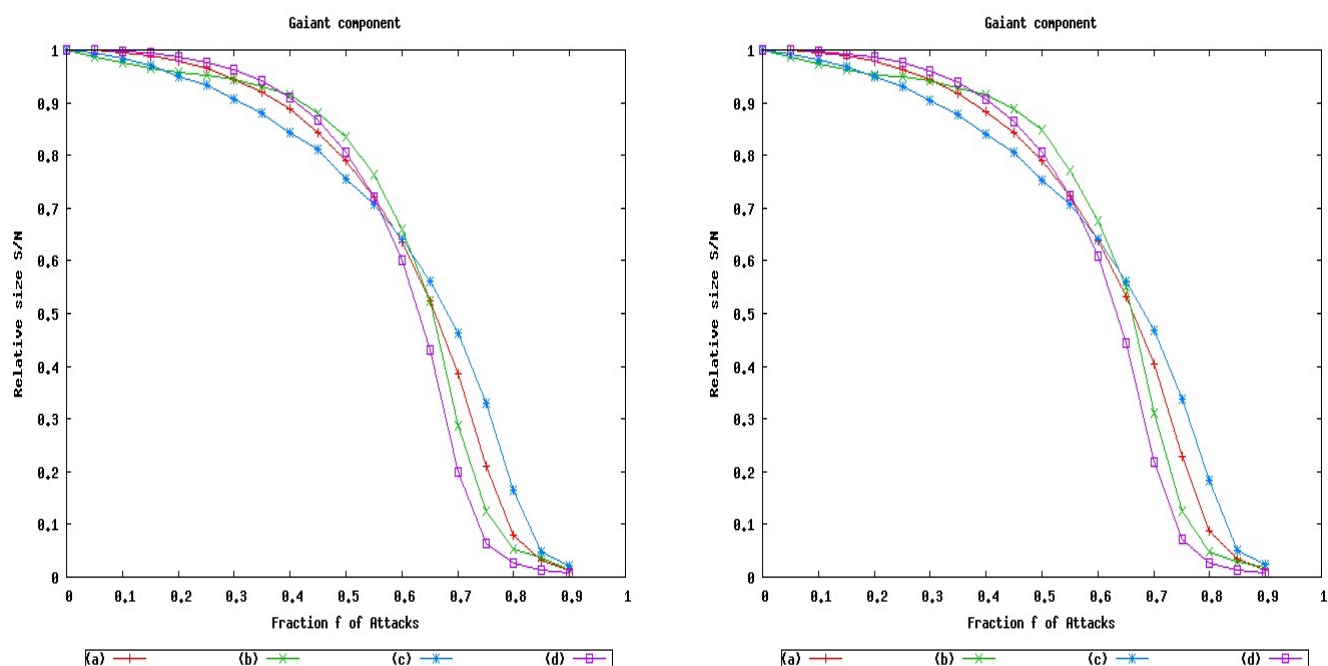


図 2-54. 京阪地区 結合確率 110 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

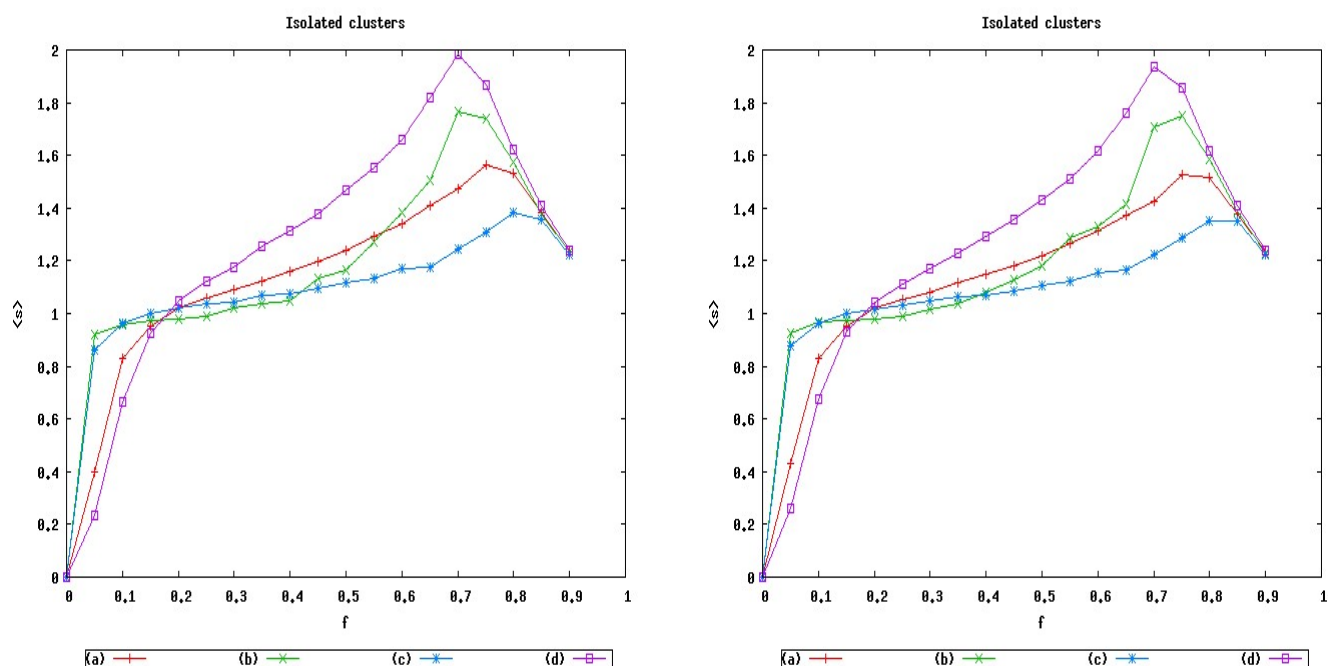


図 2-55. 名古屋地区 結合確率 110 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

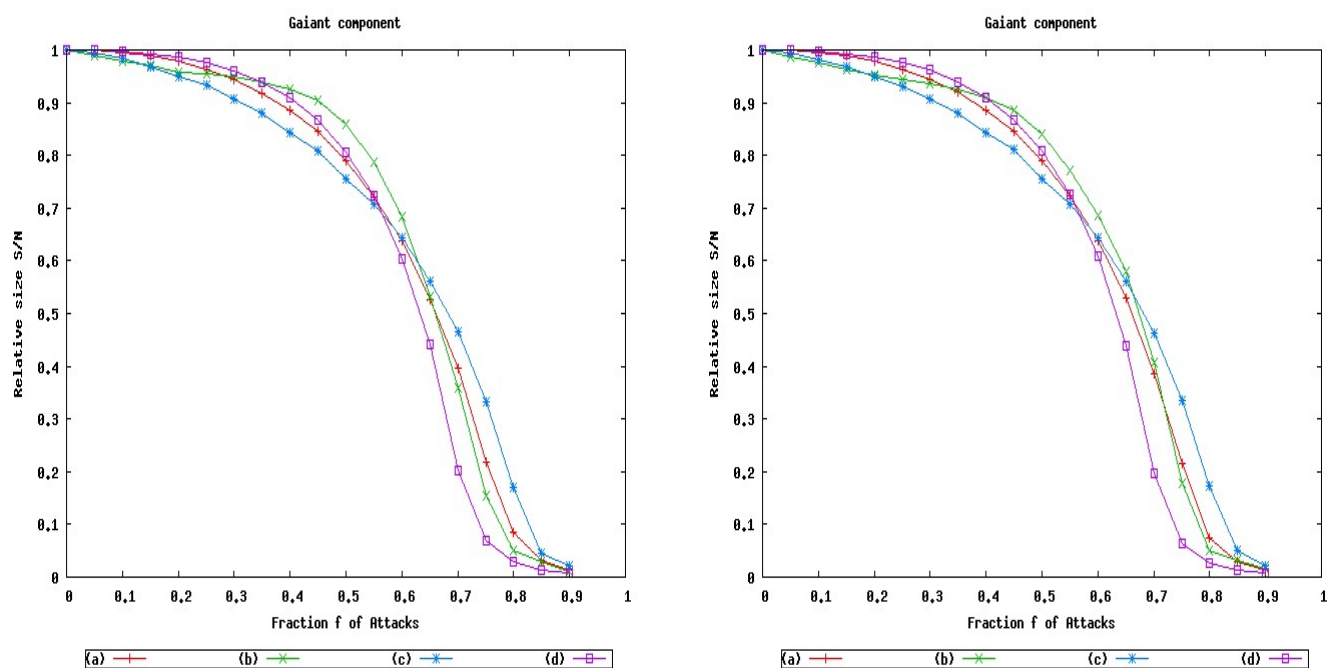


図 2-56. 名古屋地区 結合確率 110 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

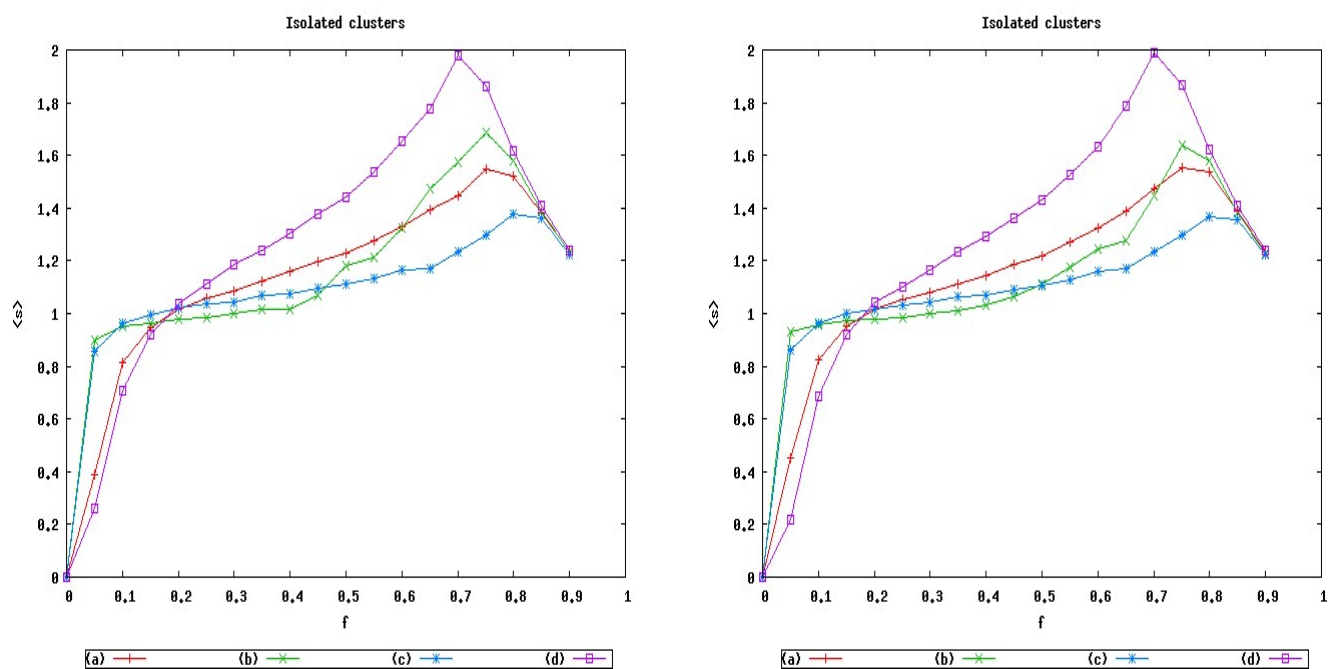


図 2-57. 岐阜地区 結合確率 111 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

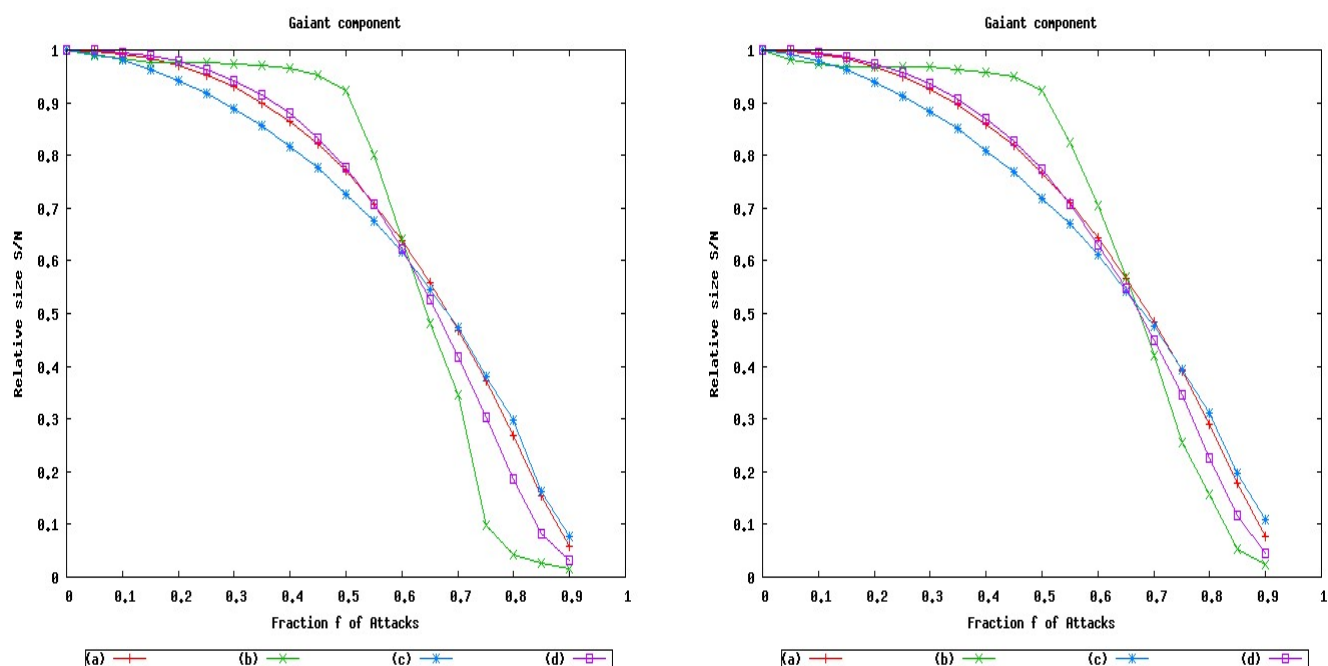


図 2-58. 岐阜地区 結合確率 111 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

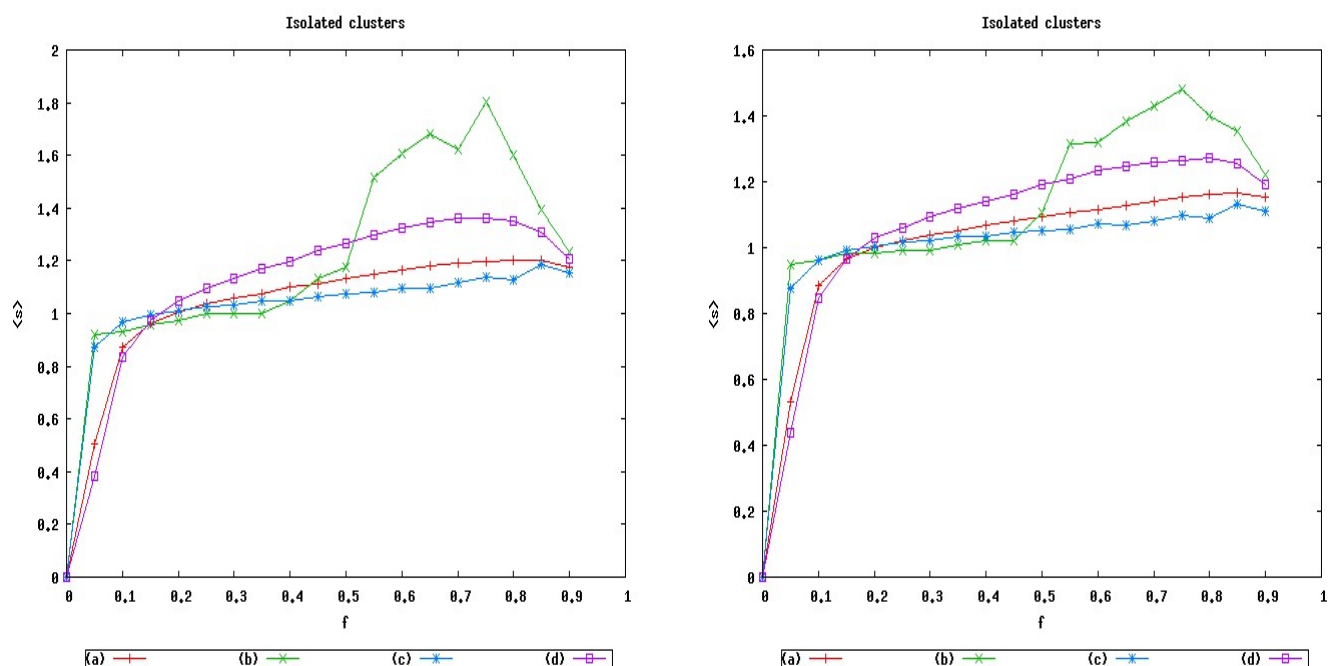


図 2-59. 石川地区 結合確率 111 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

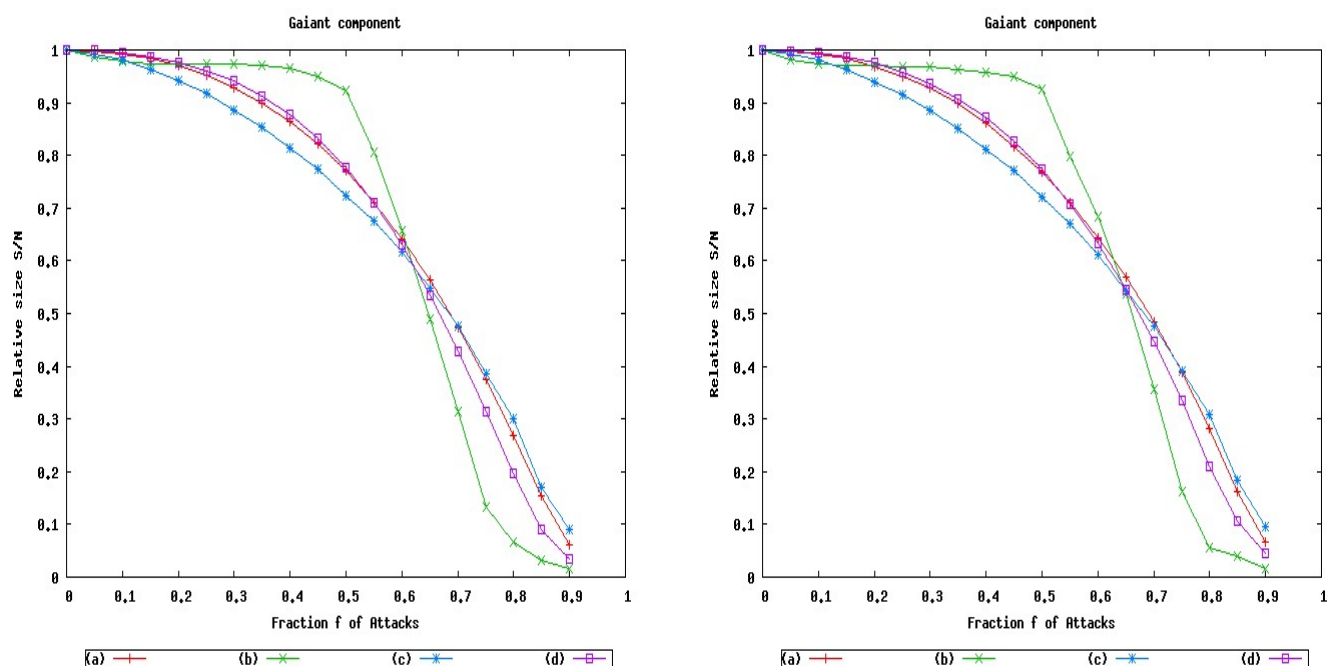


図 2-60. 石川地区 結合確率 111 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

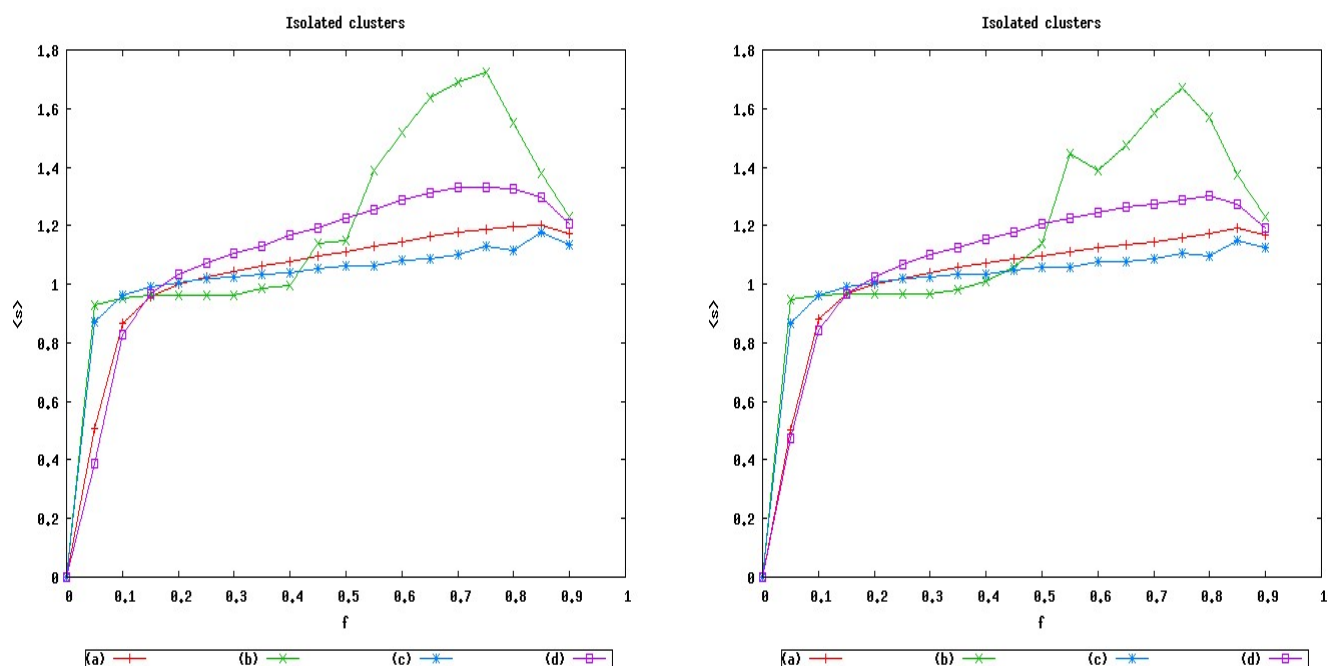


図 2-61. 京阪地区 結合確率 111 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

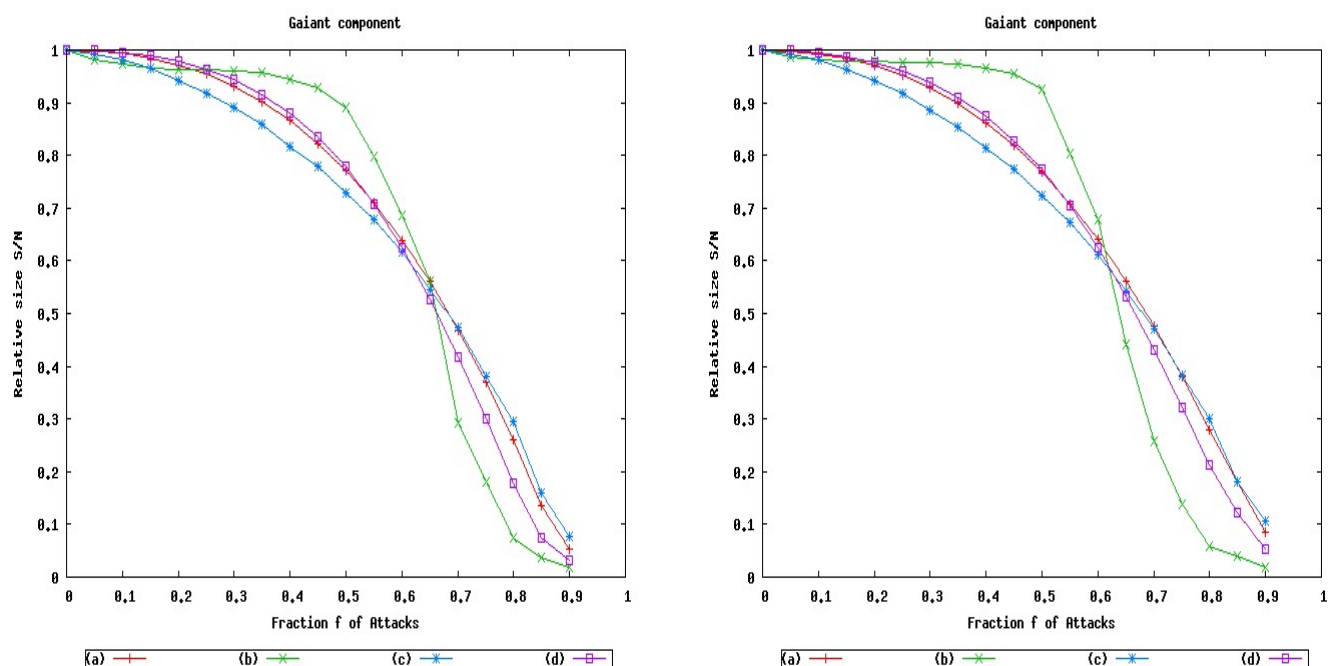


図 2-62. 京阪地区 結合確率 111 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

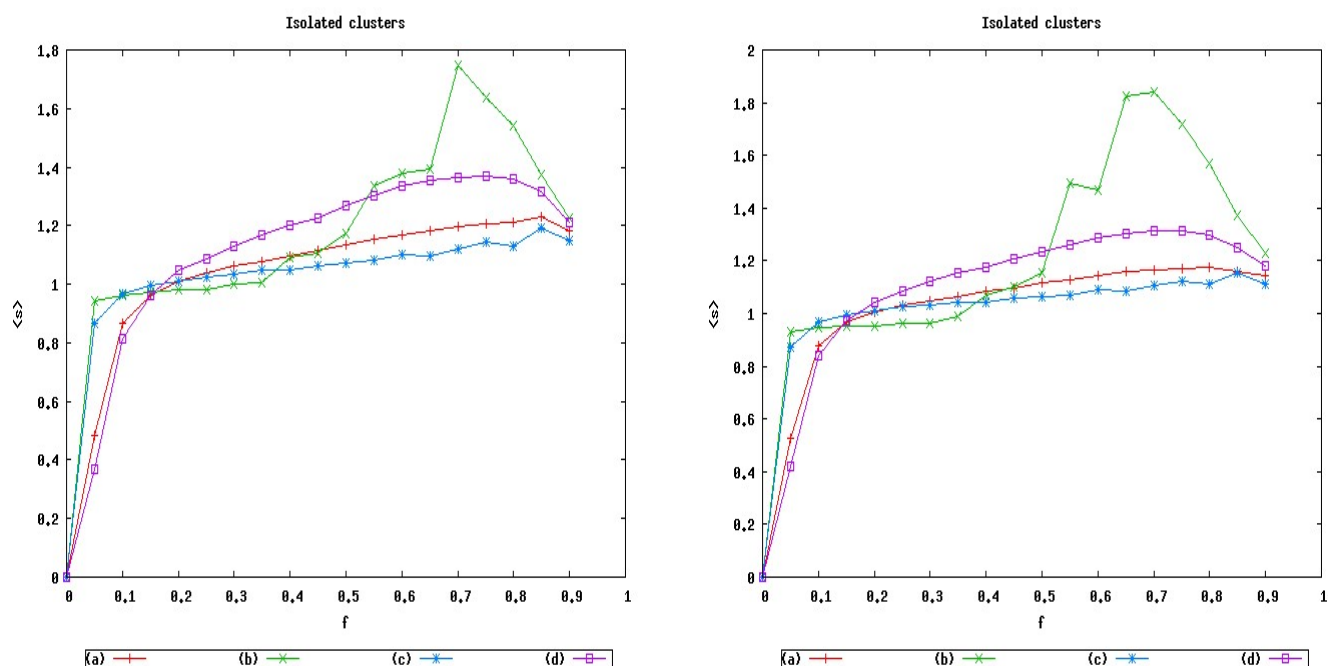


図 2-63. 名古屋地区 結合確率 111 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

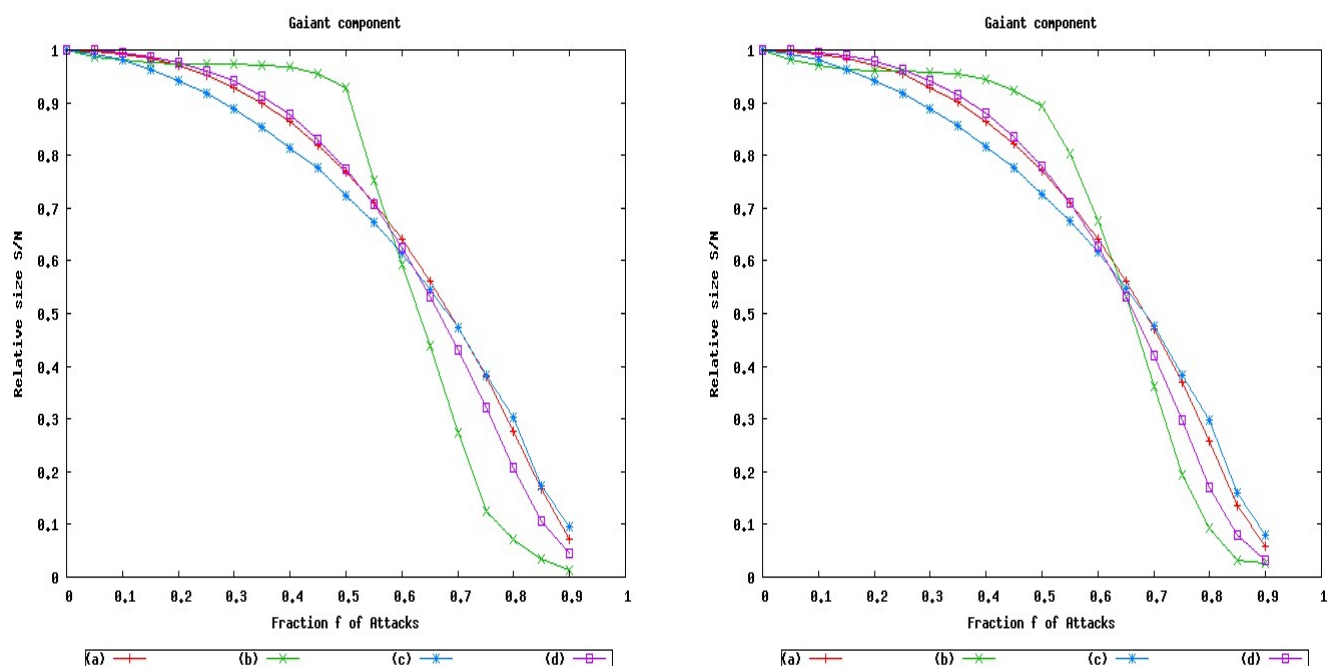
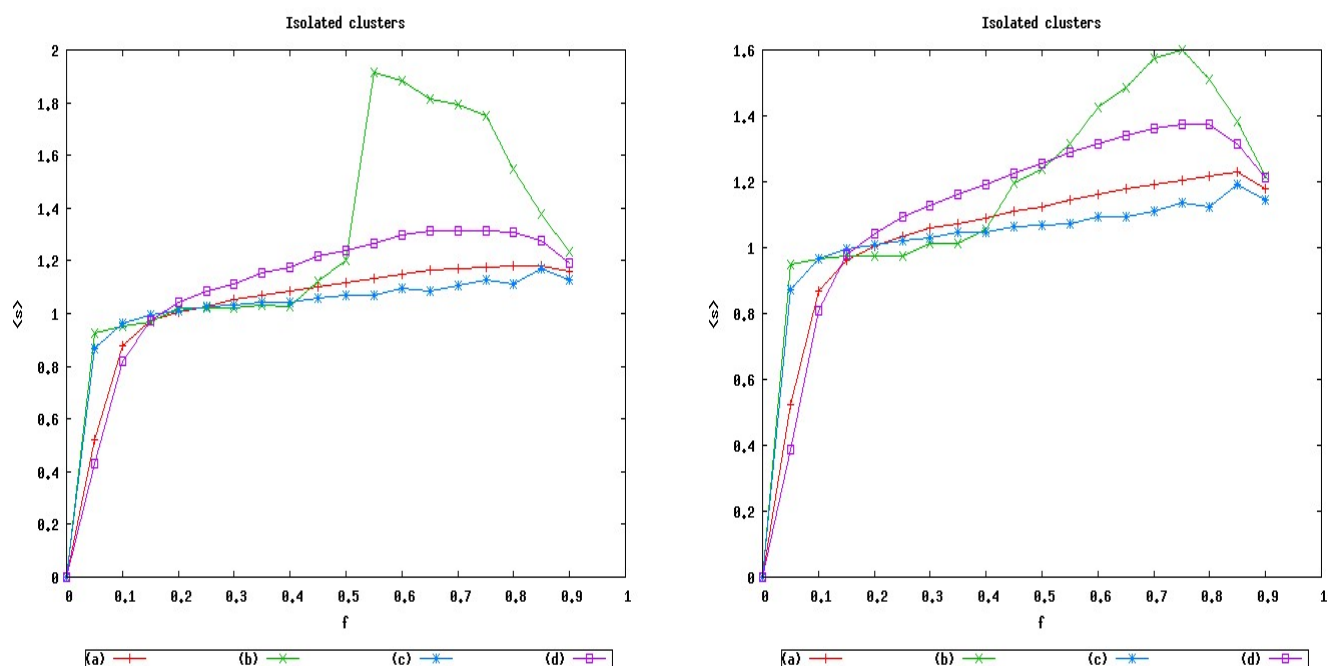


図 2-64. 名古屋地区 結合確率 111 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割



ネットワークで比較した図 (1 乗)

図 3-1. 岐阜地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

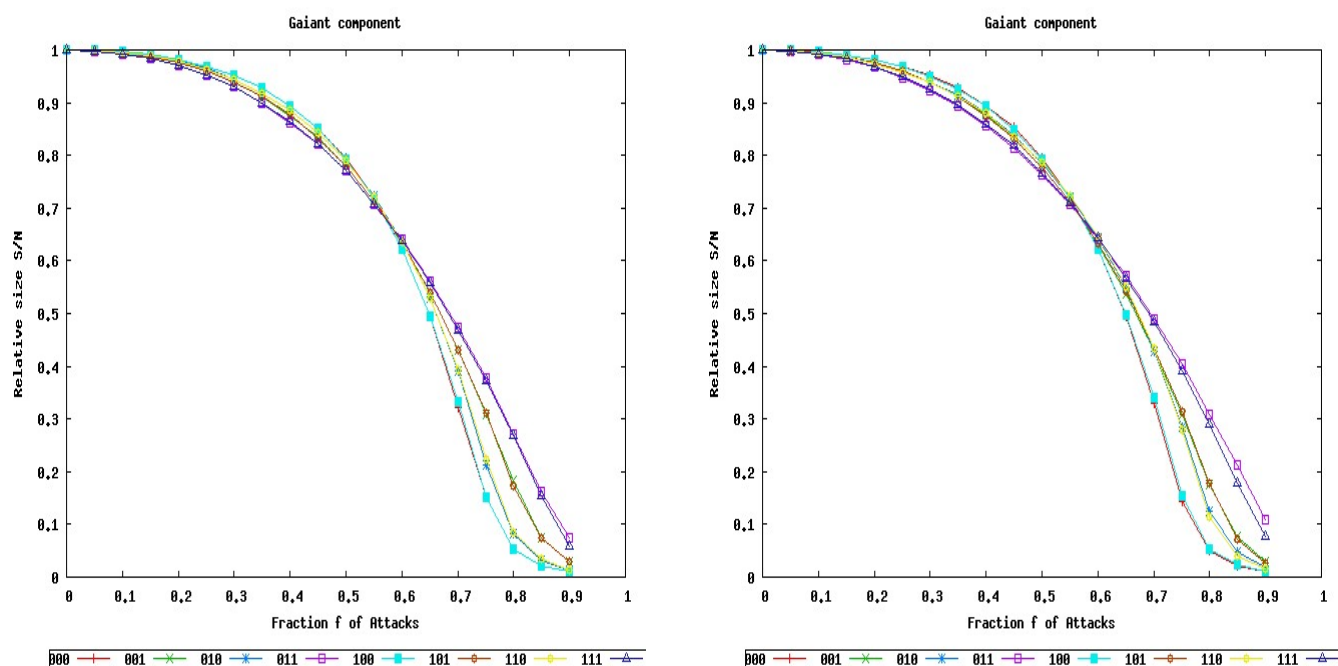


図 3-2. 岐阜地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

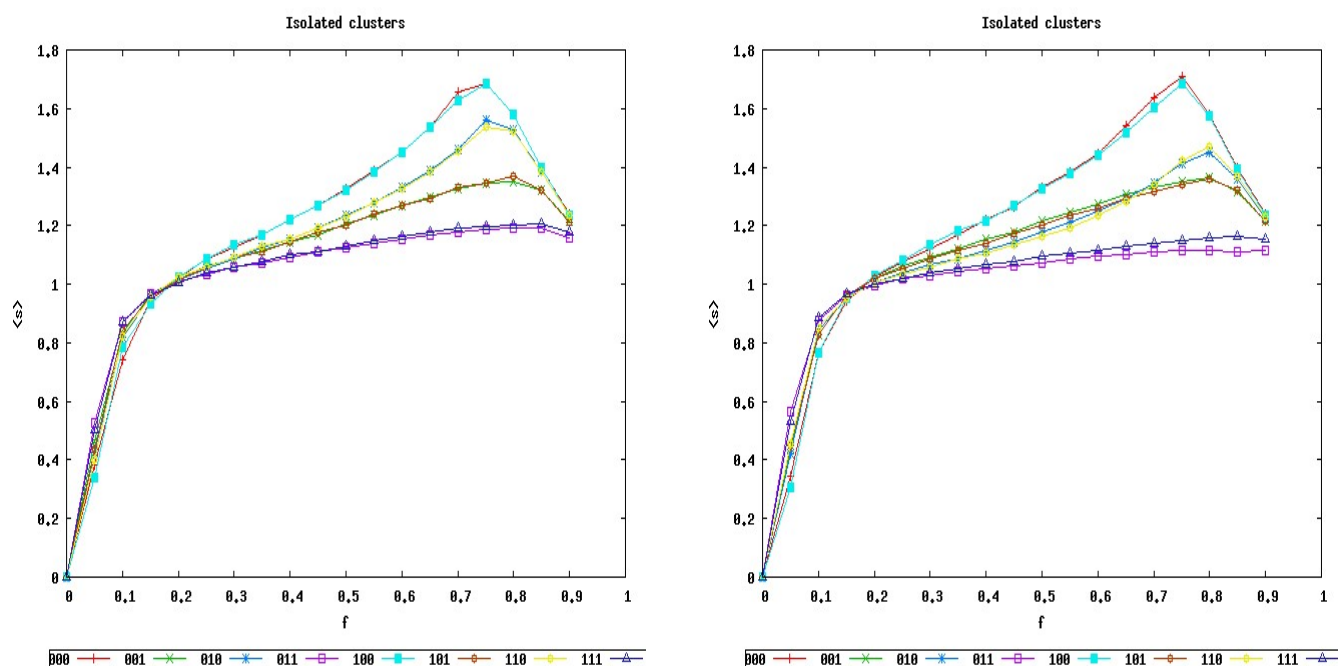


図 3-3. 岐阜地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

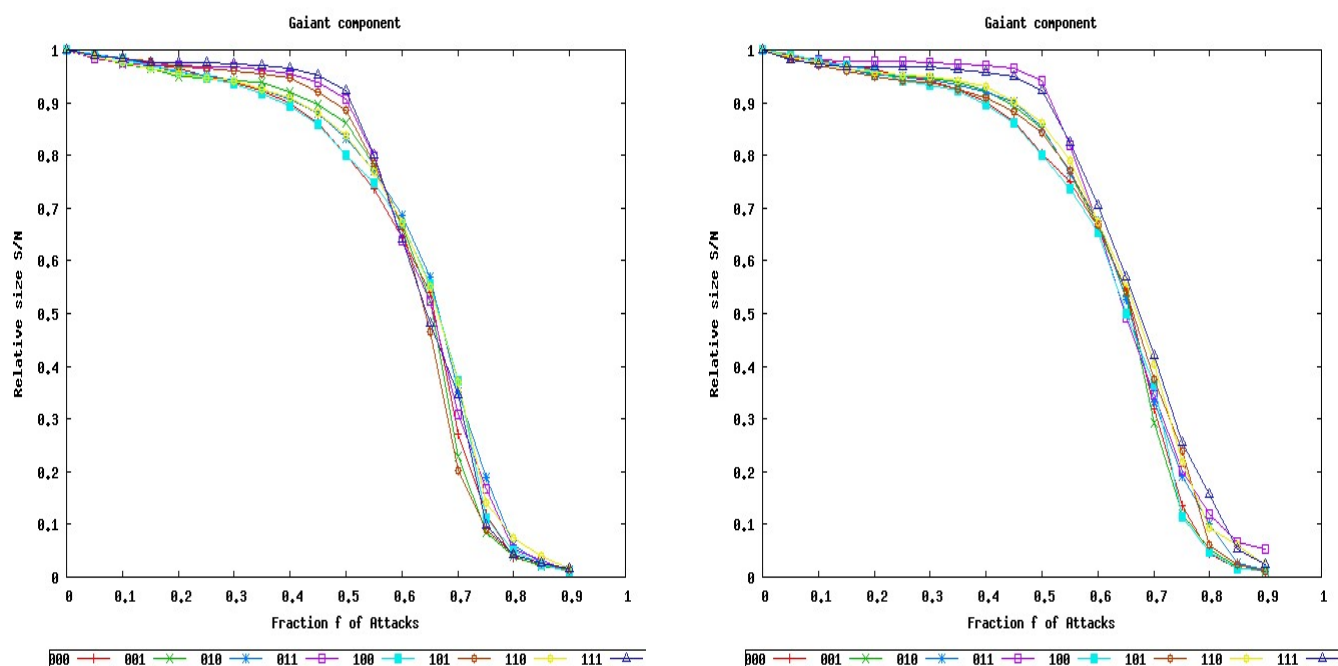


図 3-4. 岐阜地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

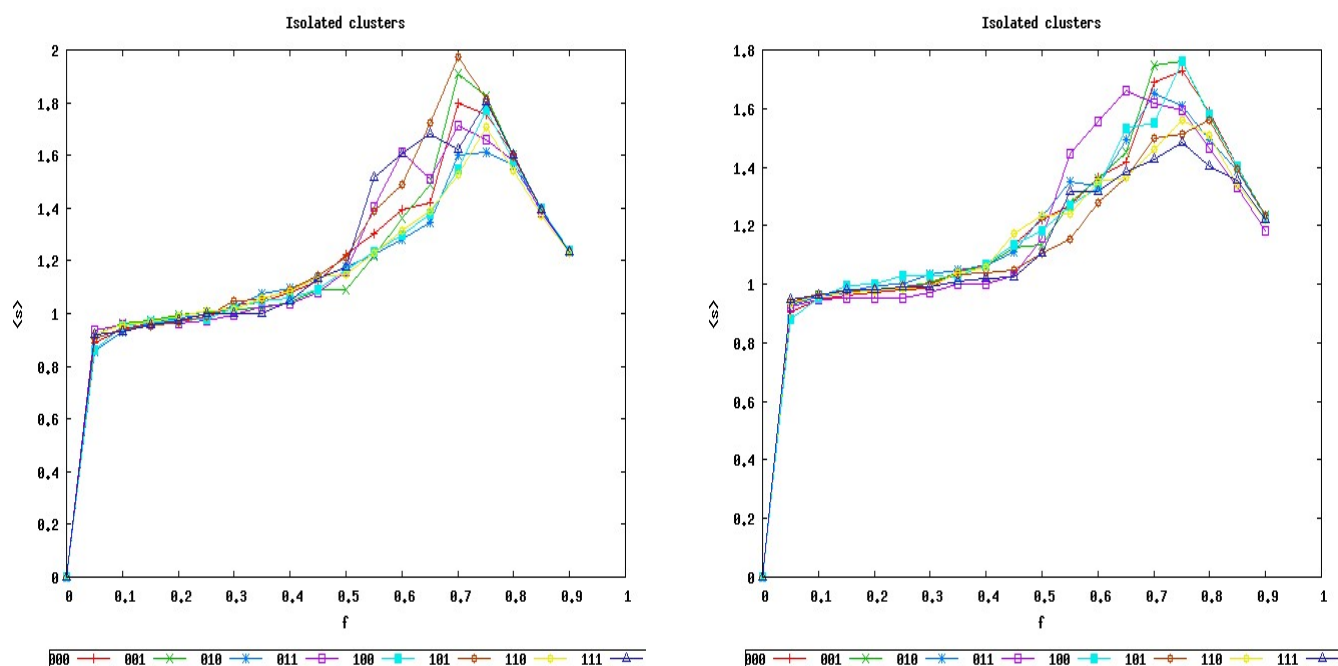


図 3-5. 岐阜地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

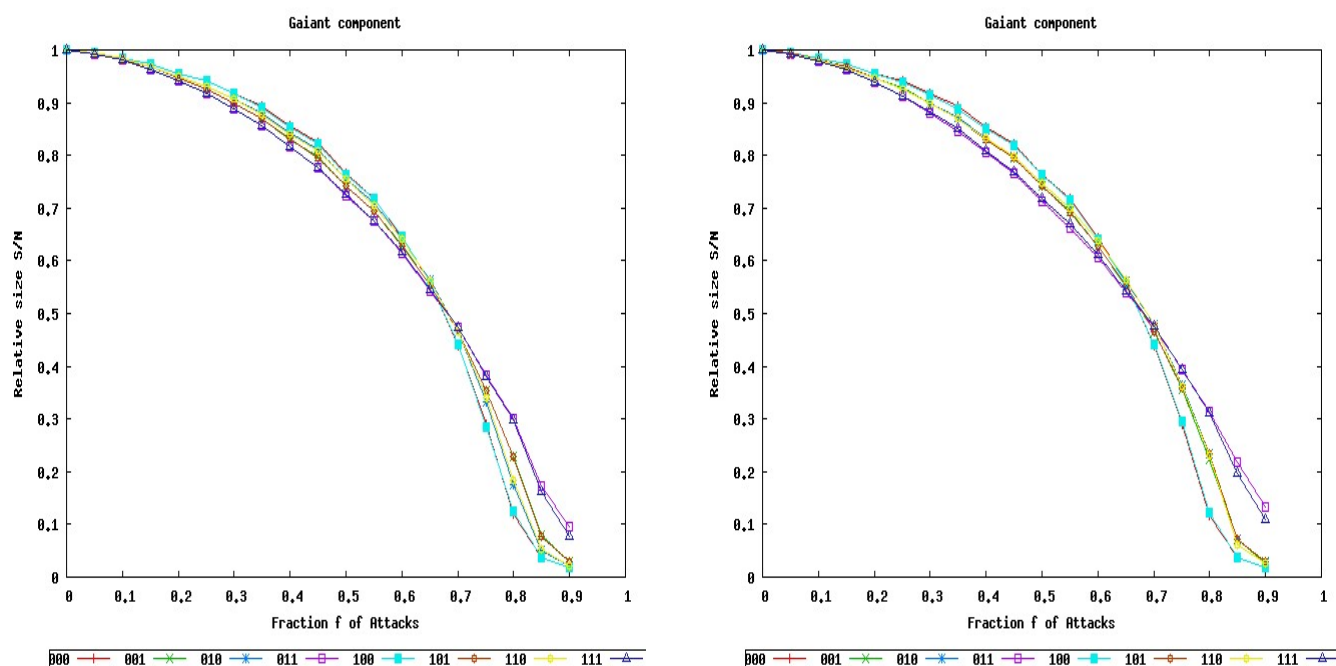


図 3-6. 岐阜地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

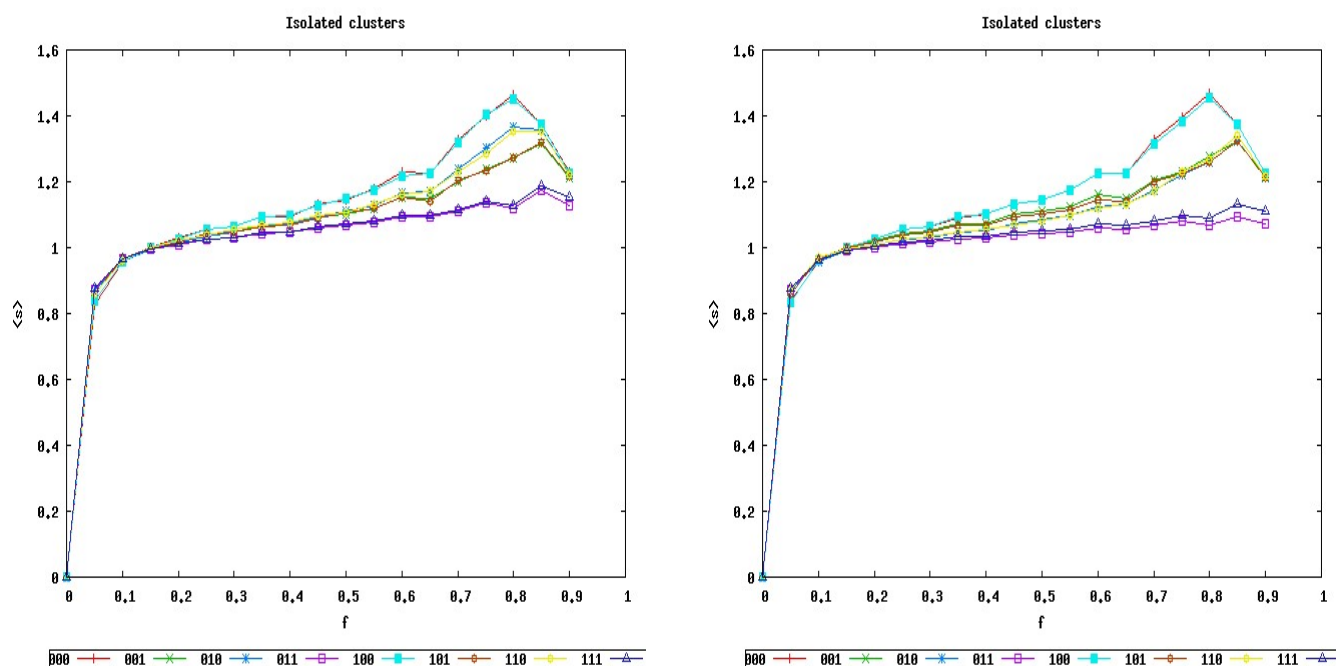


図 3-7. 岐阜地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

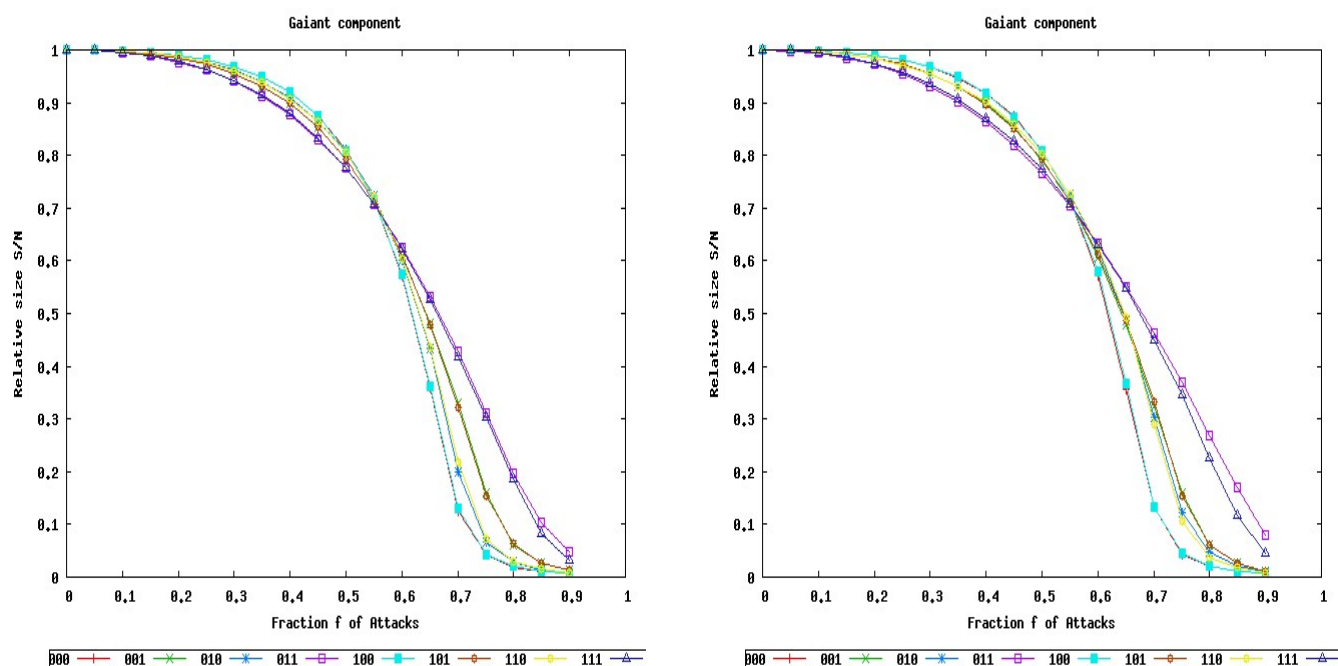


図 3-8. 岐阜地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

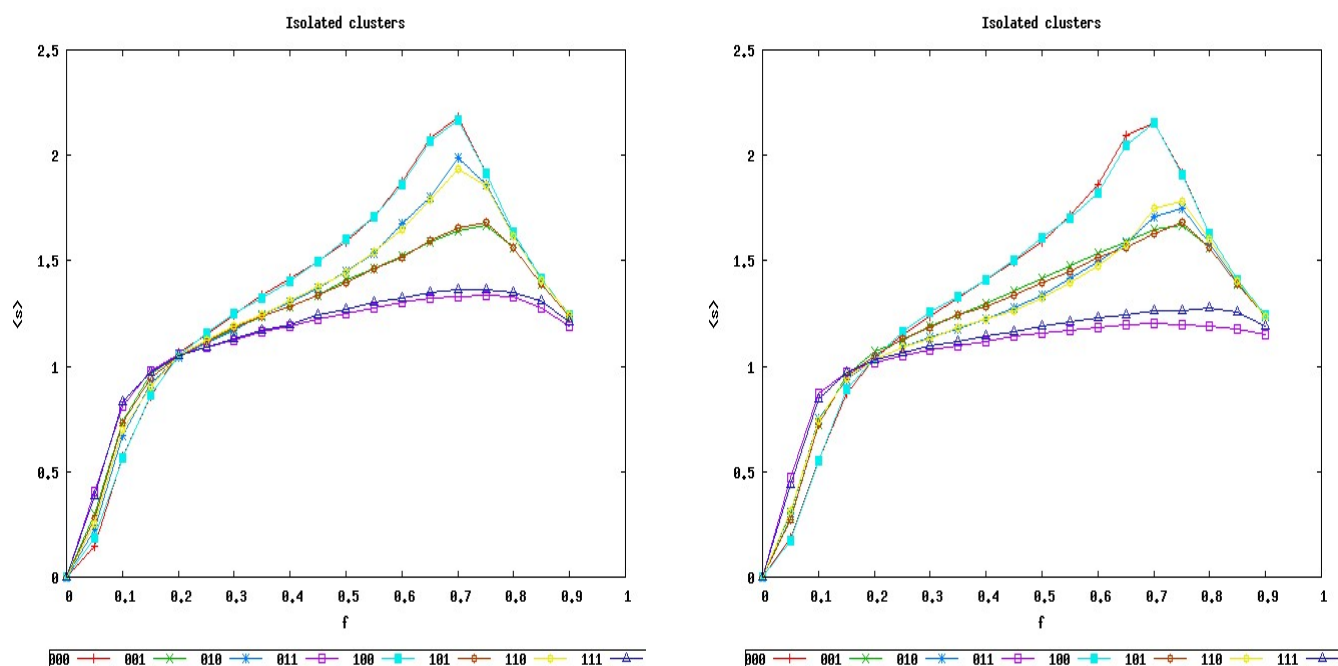


図 3-9. 石川地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

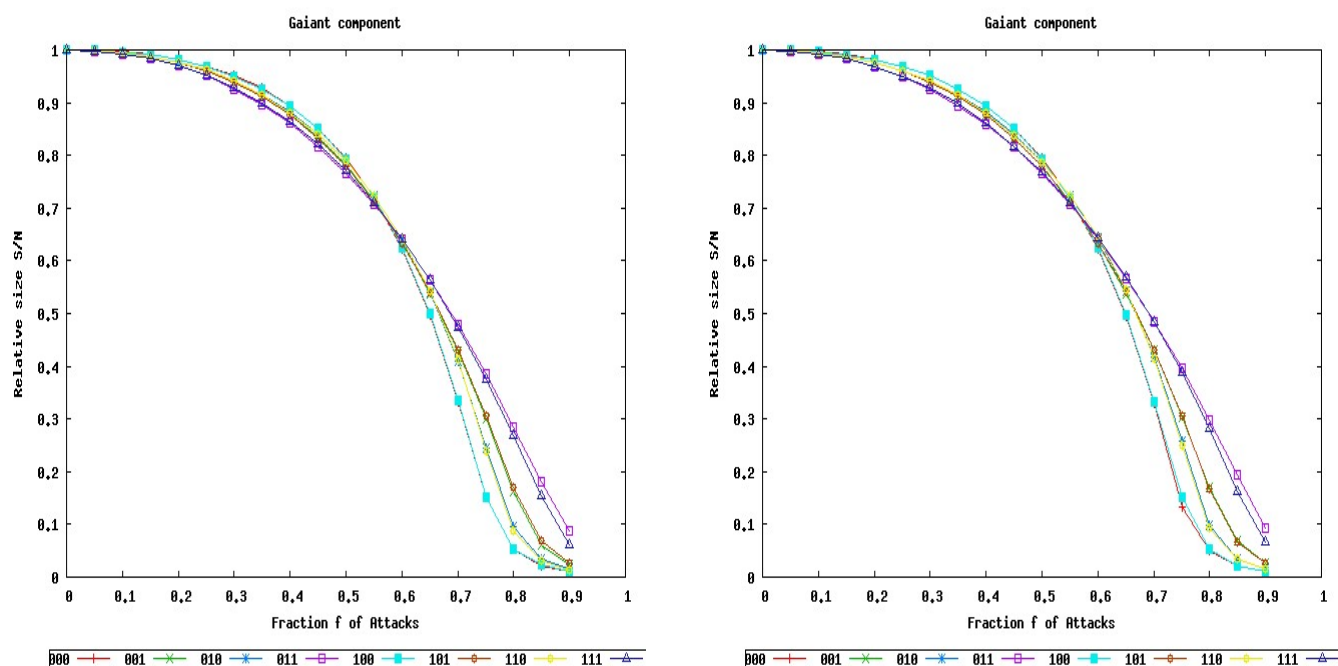


図 3-10. 石川地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

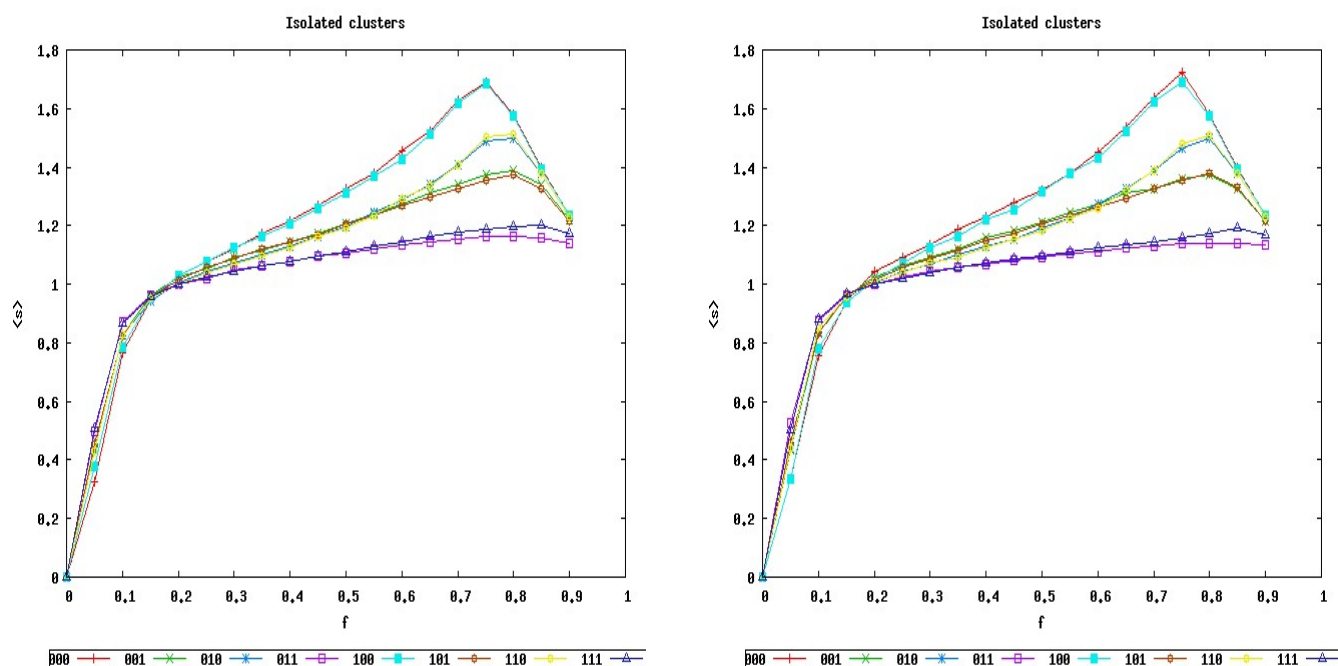


図 3-11. 石川地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

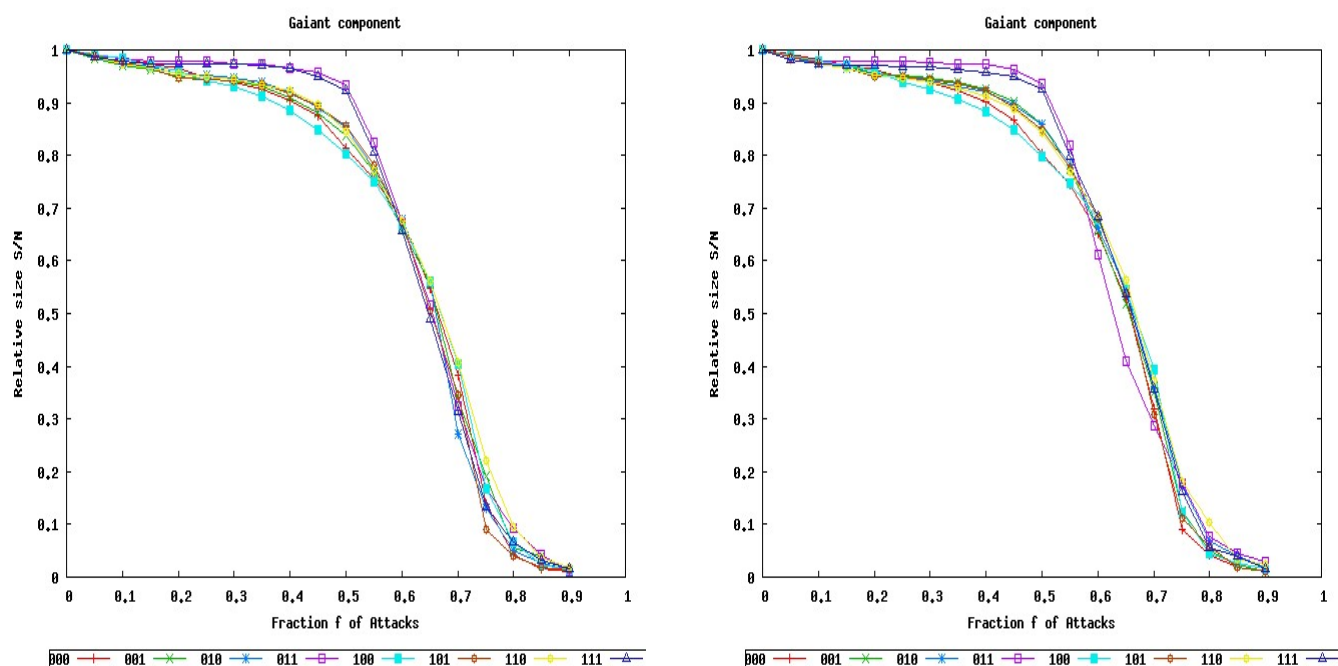


図 3-12. 石川地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

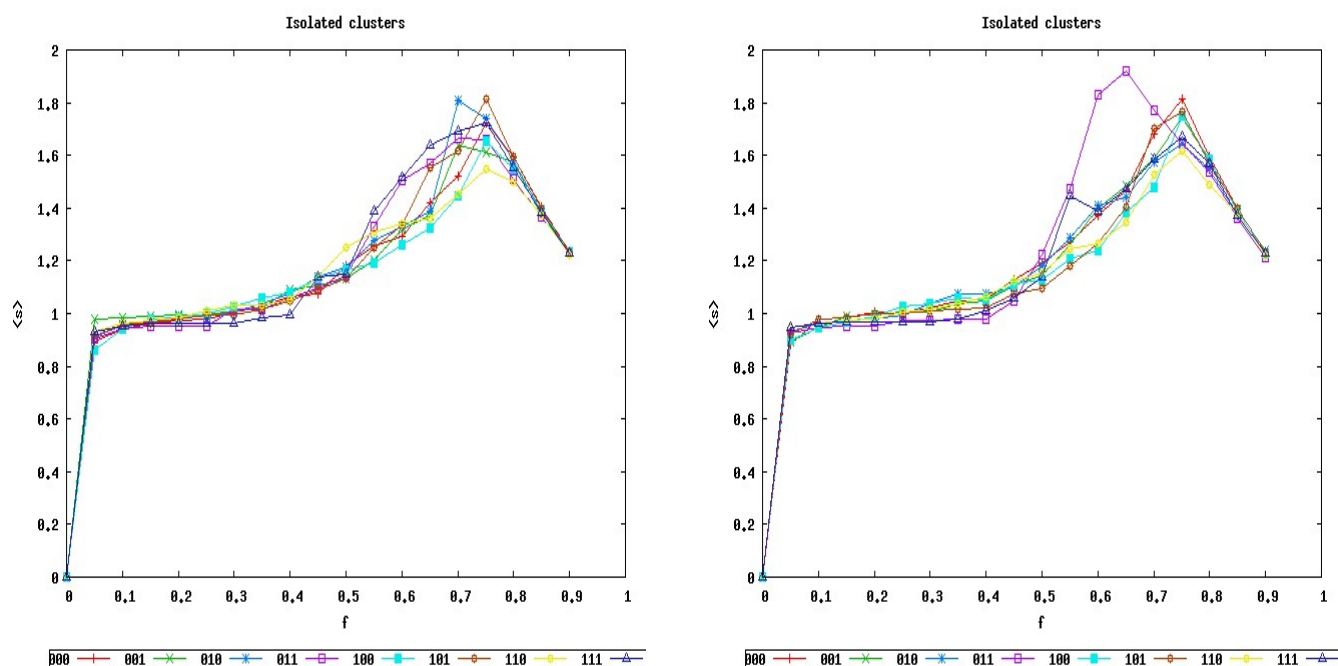


図 3-13. 石川地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

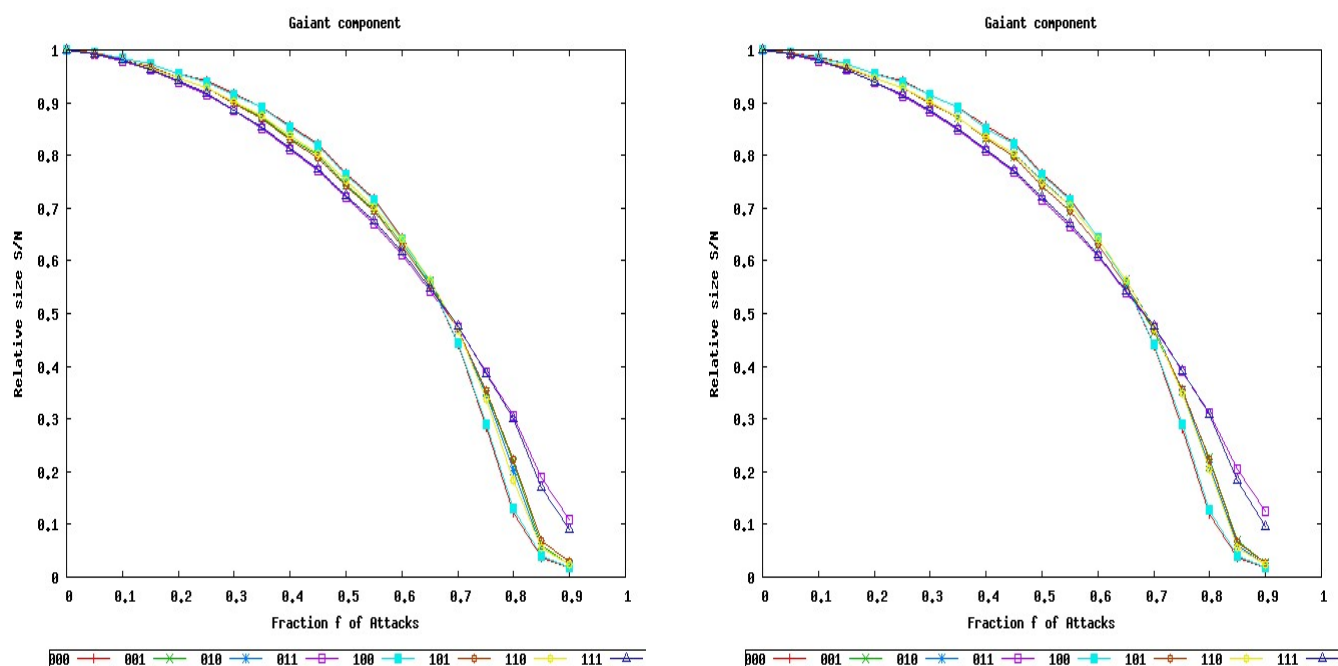


図 3-14. 石川地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

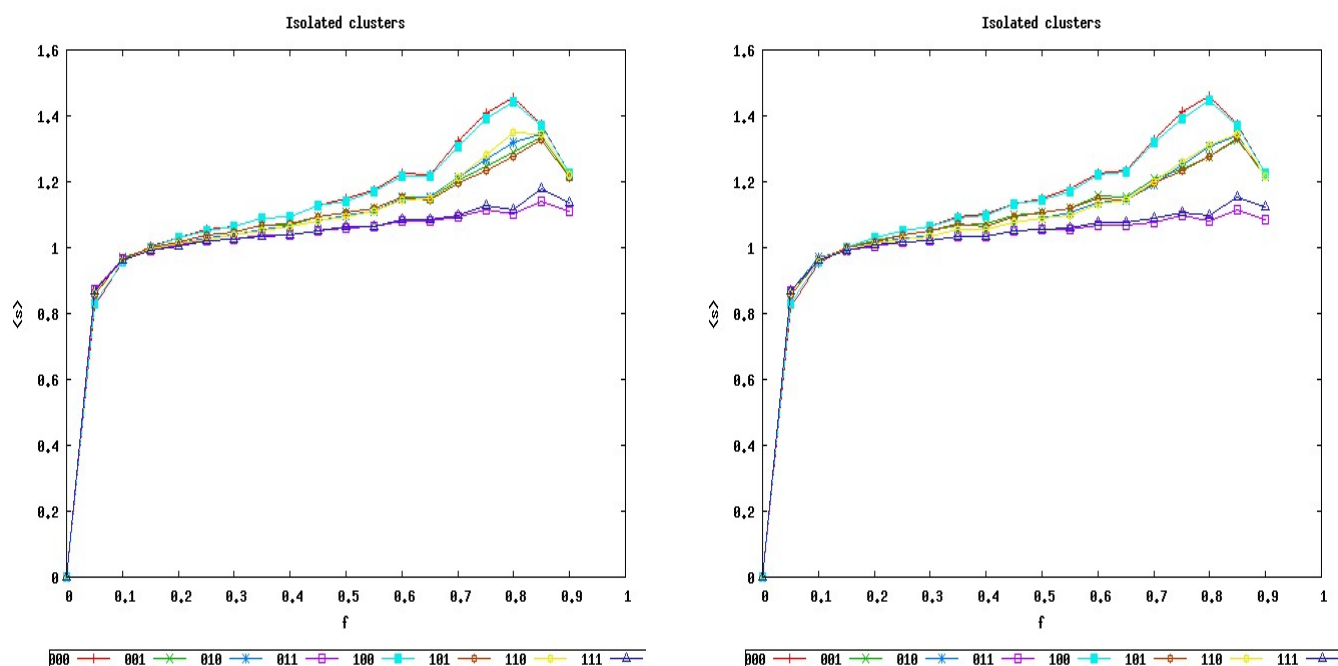


図 3-15. 石川地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

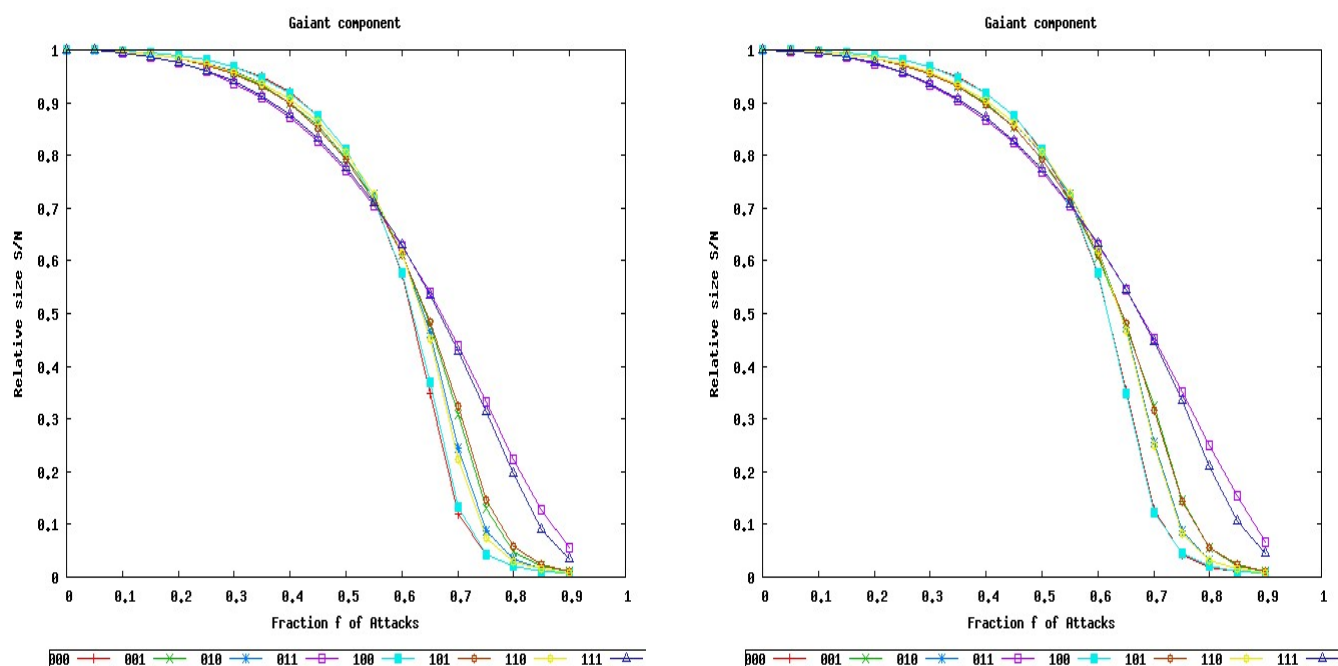


図 3-16. 石川地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

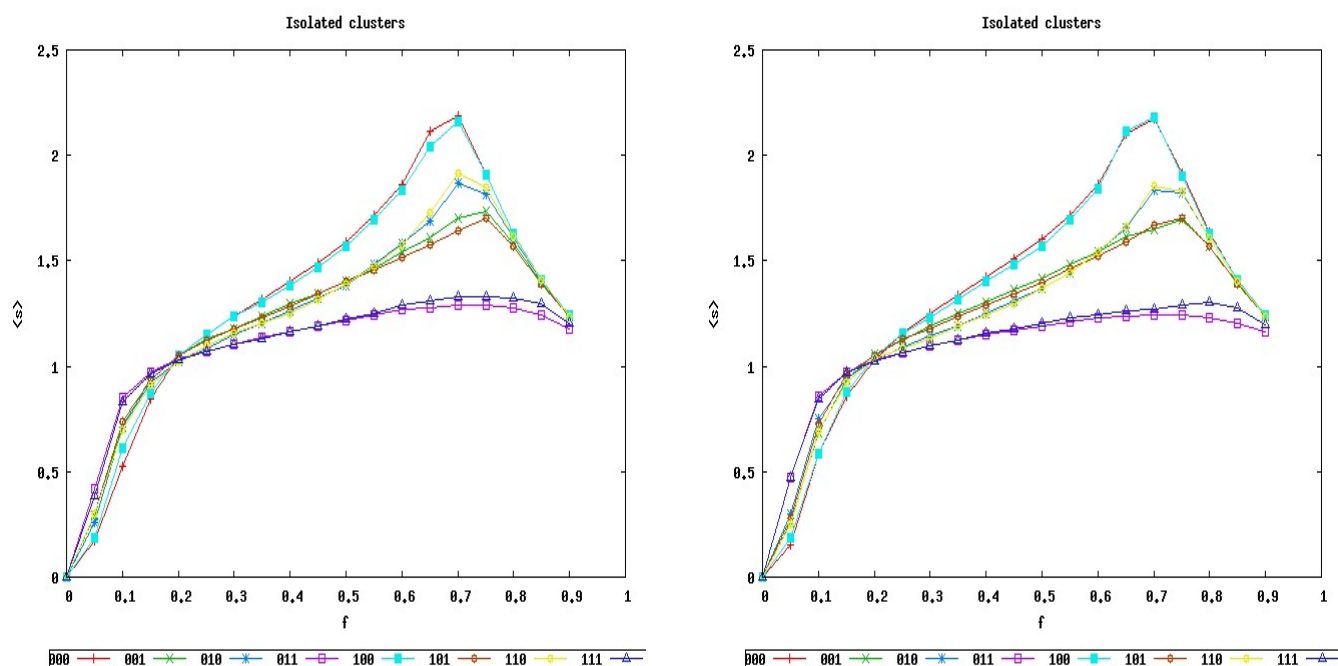


図 3-17. 京阪地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

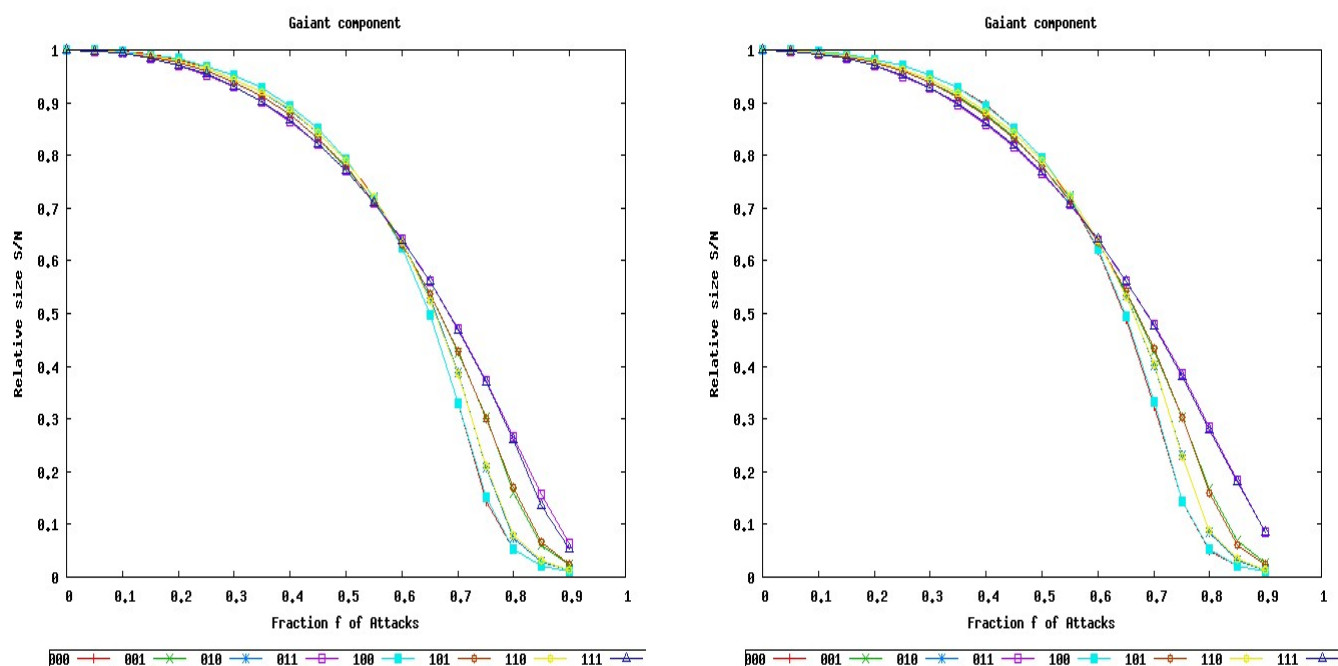


図 3-18. 京阪地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

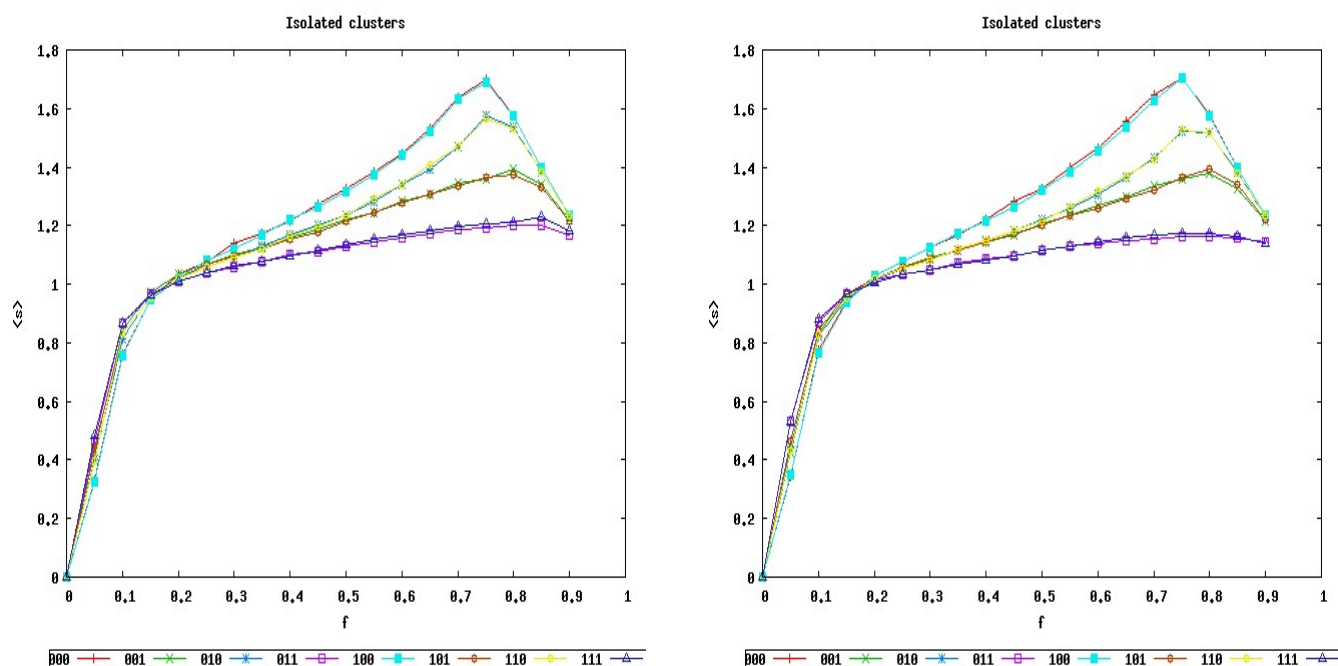


図 3-19. 京阪地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

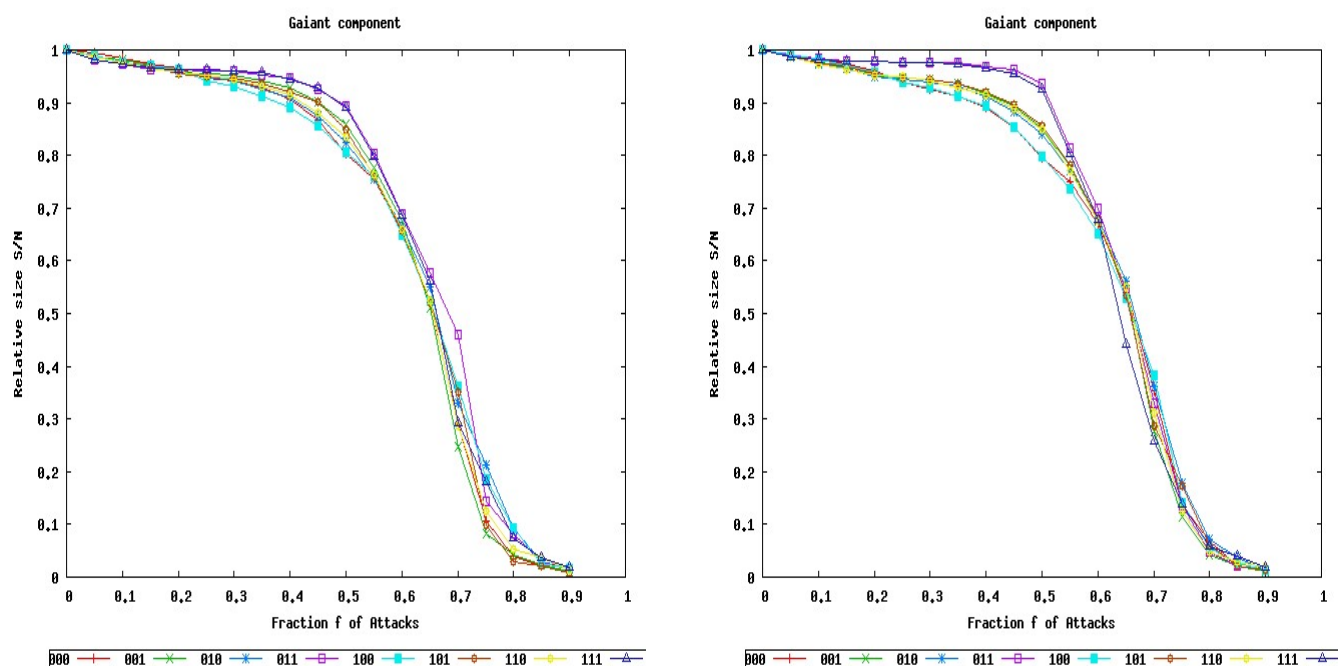


図 3-20. 京阪地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

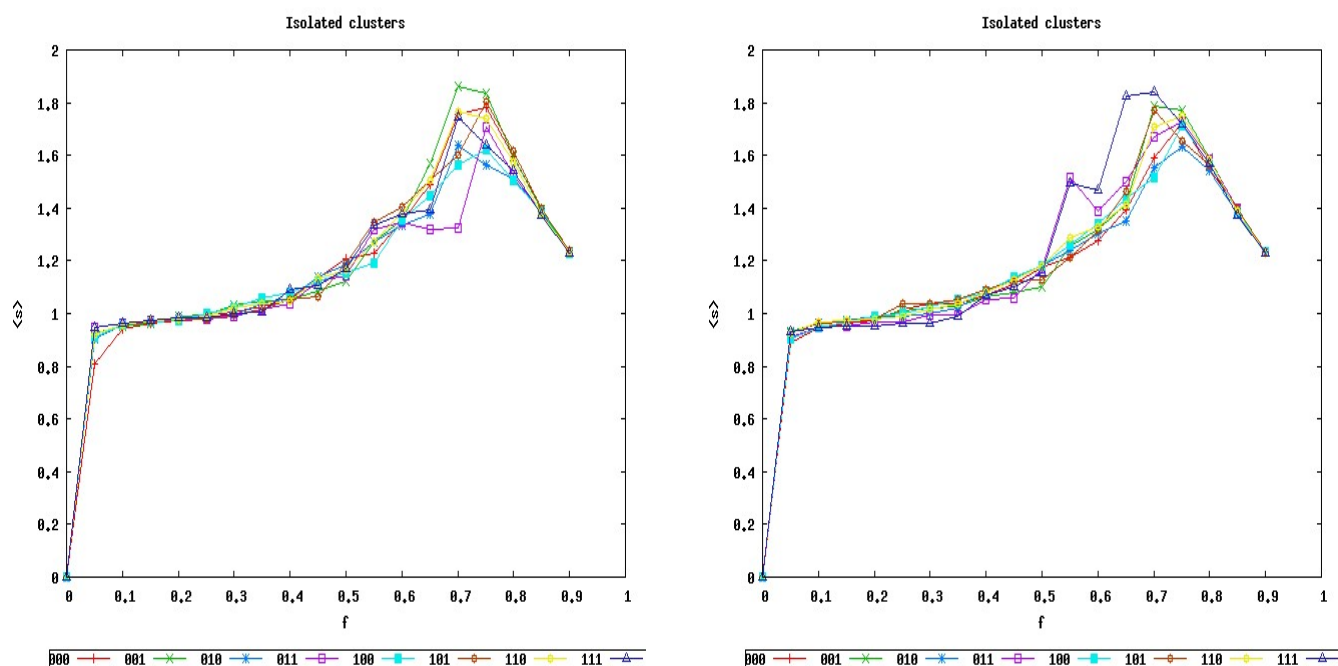


図 3-21. 京阪地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

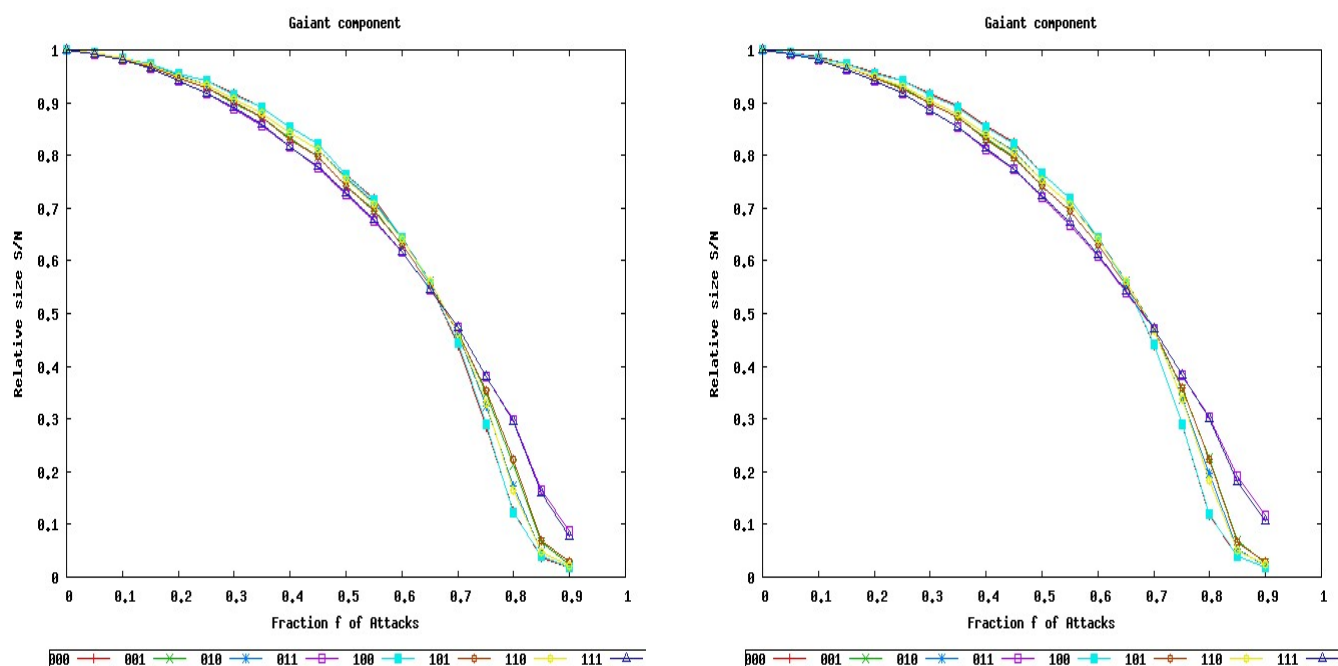


図 3-22. 京阪地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

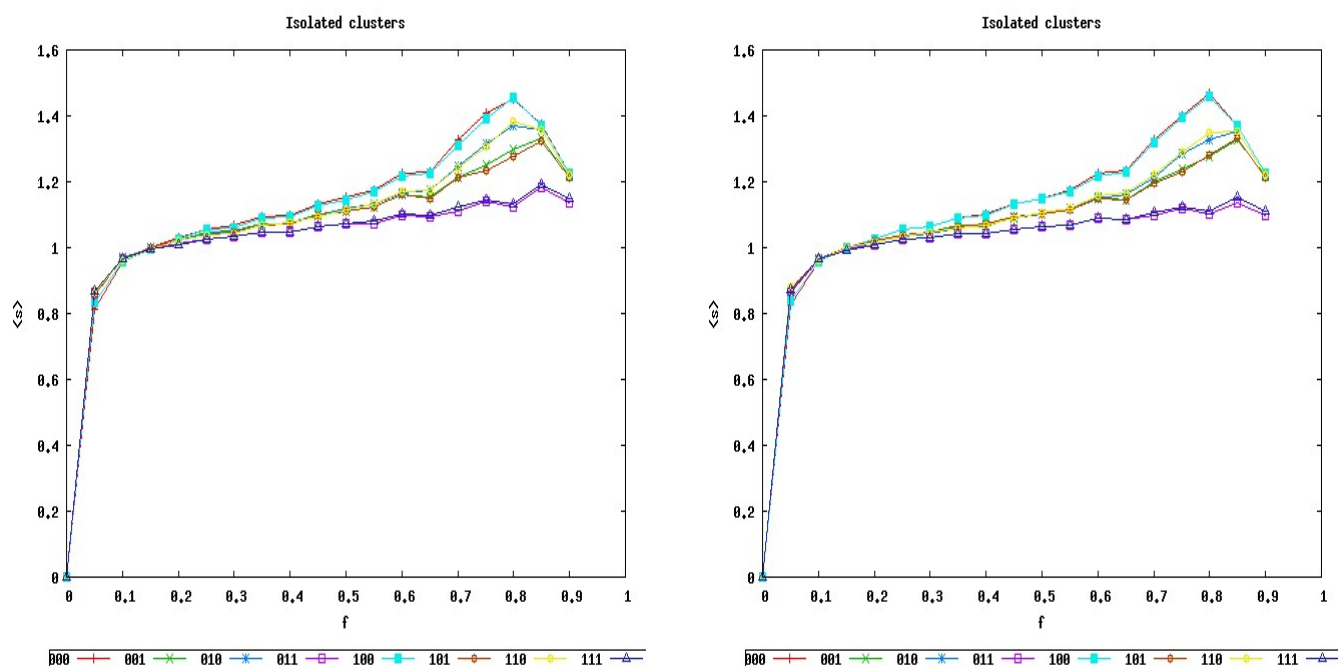


図 3-23. 京阪地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

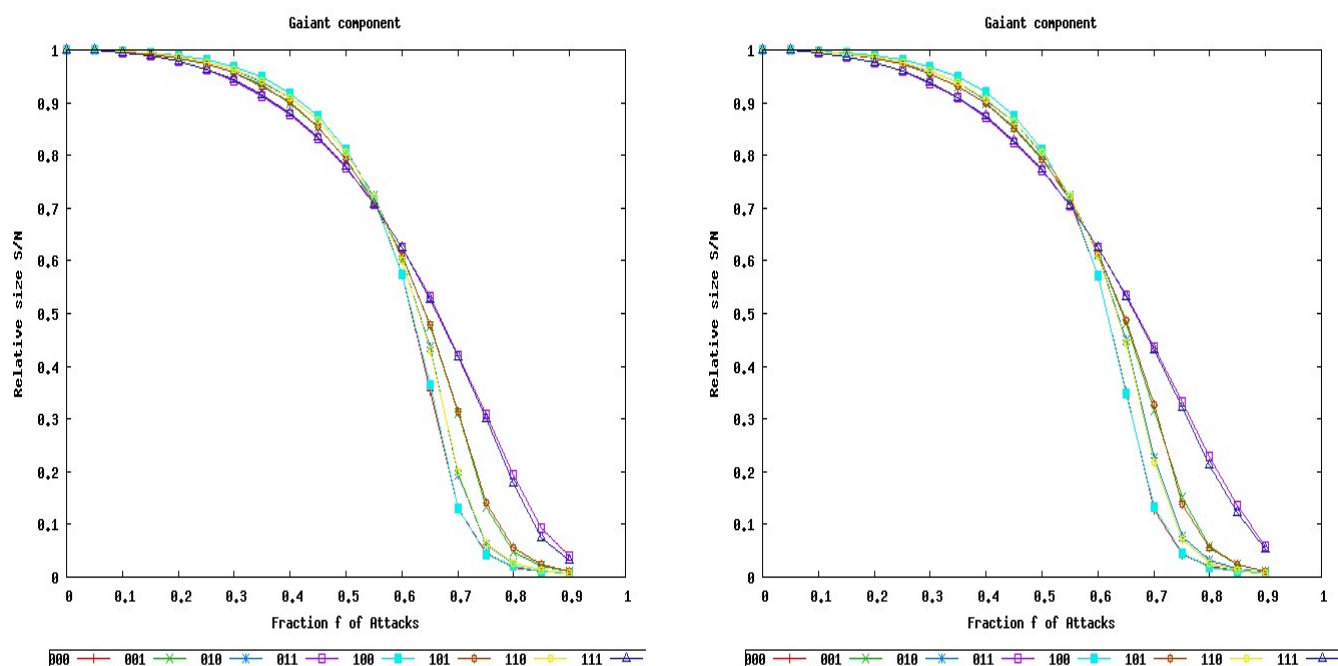


図 3-24. 京阪地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

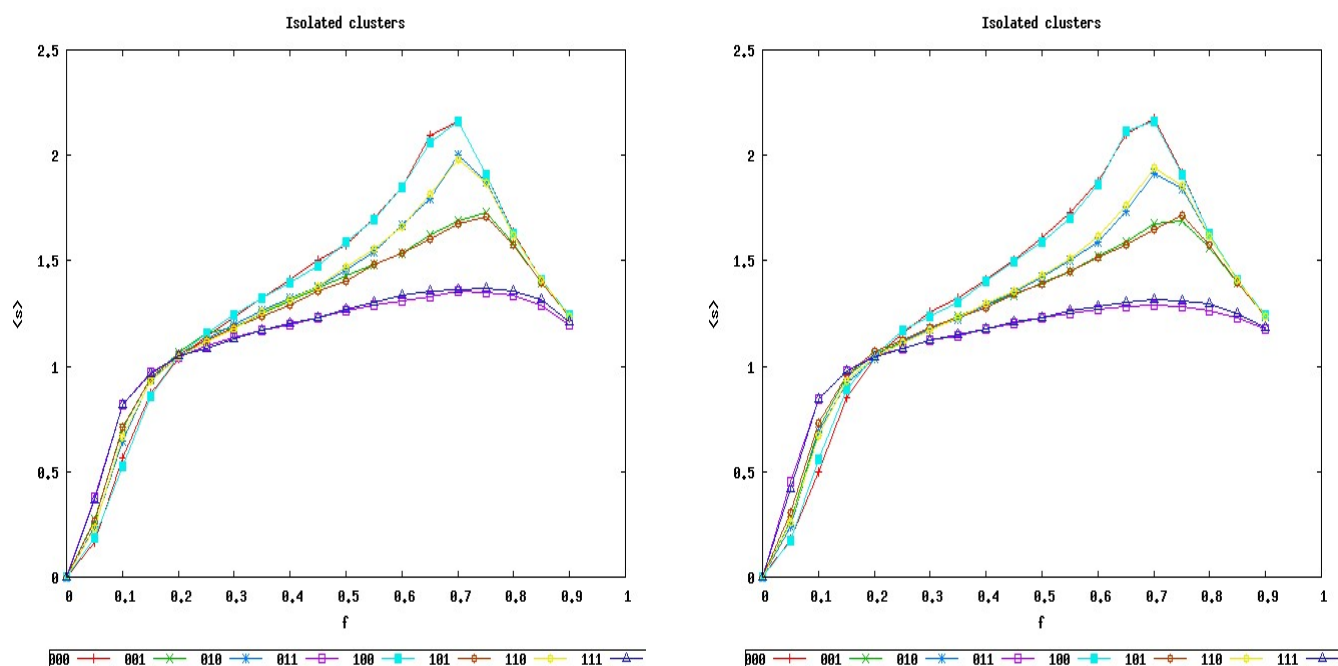


図 3-25. 名古屋地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

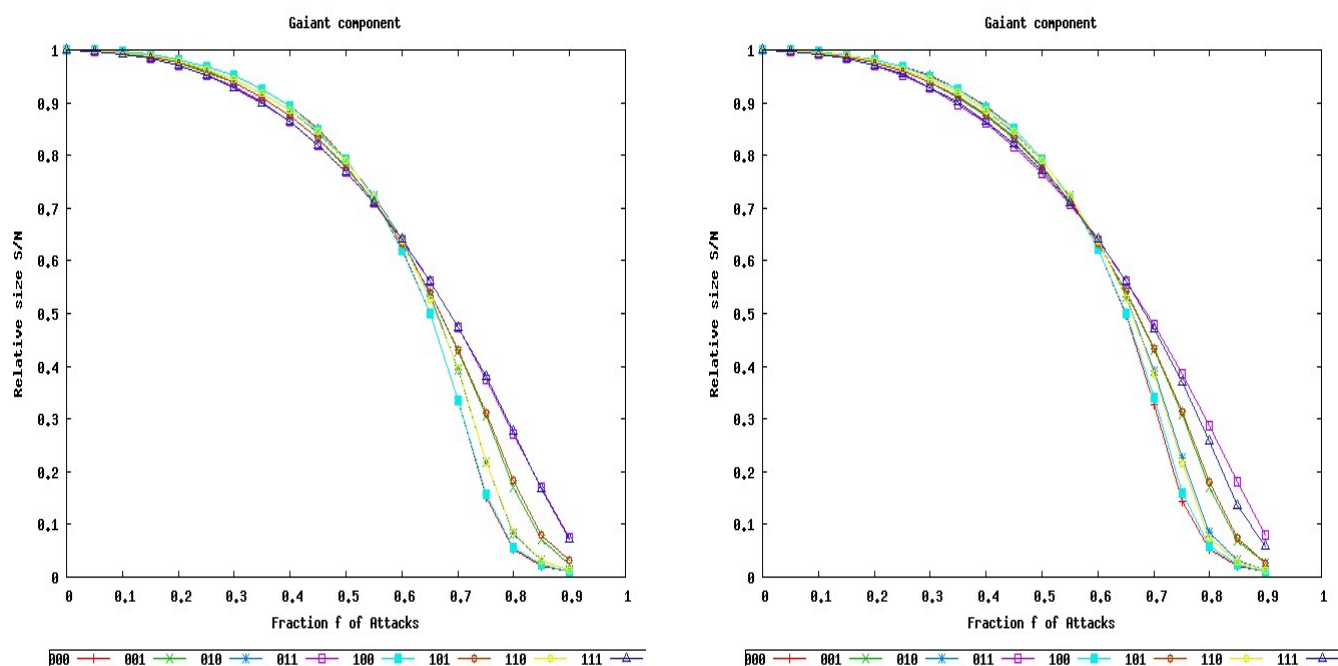


図 3-26. 名古屋地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

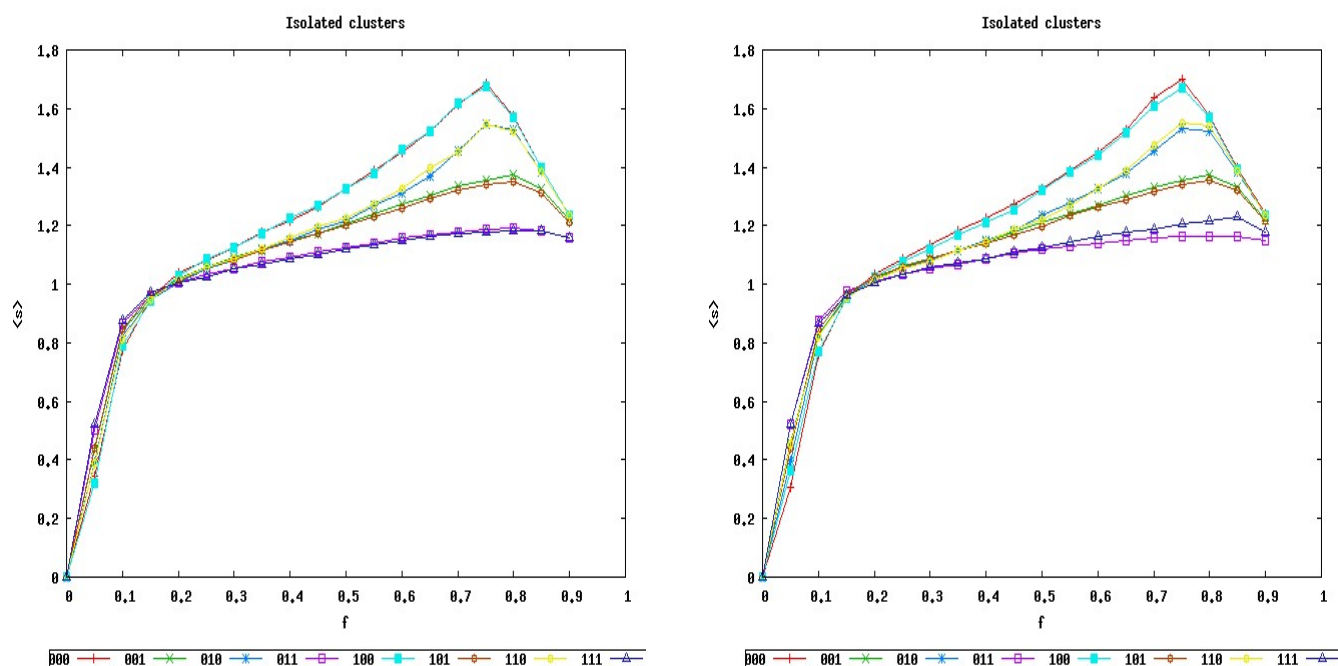


図 3-27. 名古屋地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

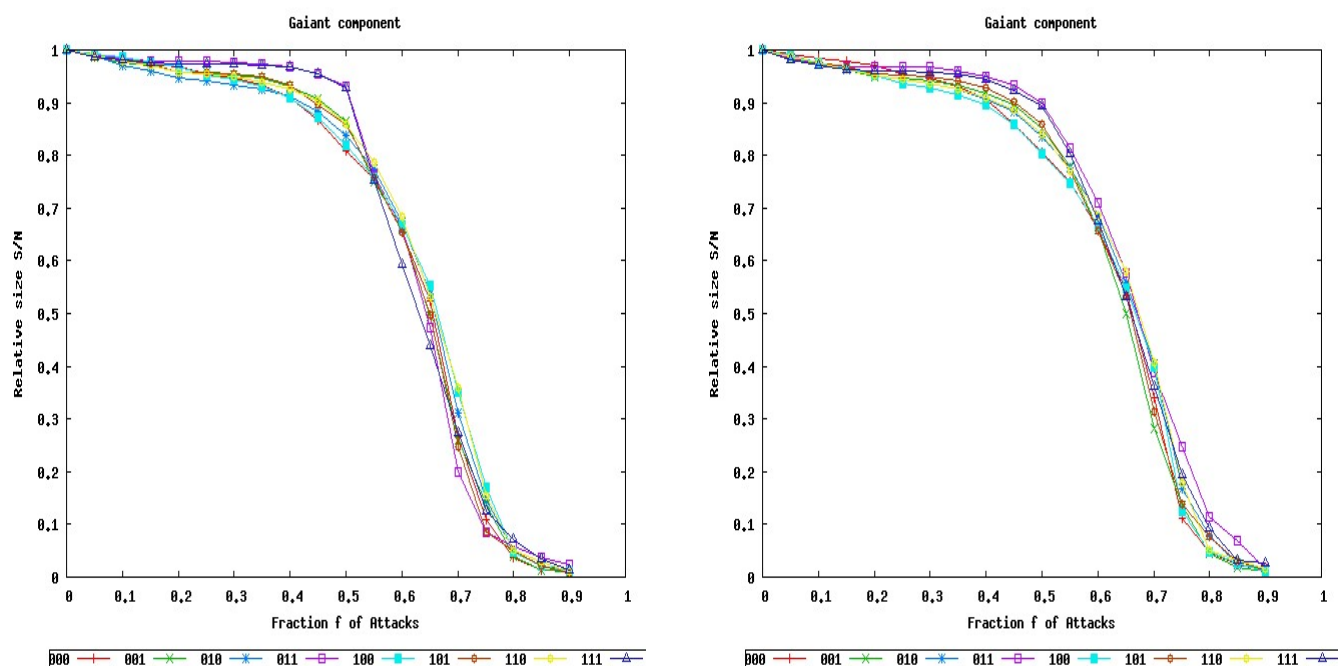


図 3-28. 名古屋地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

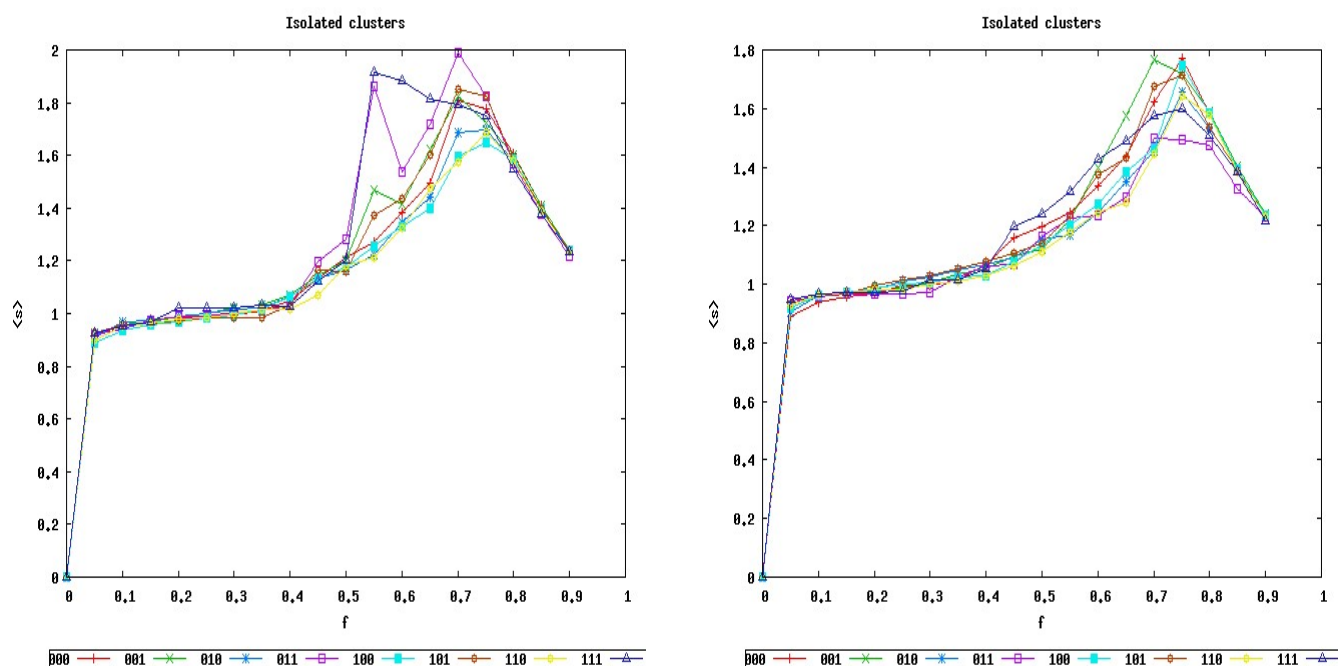


図 3-29. 名古屋地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

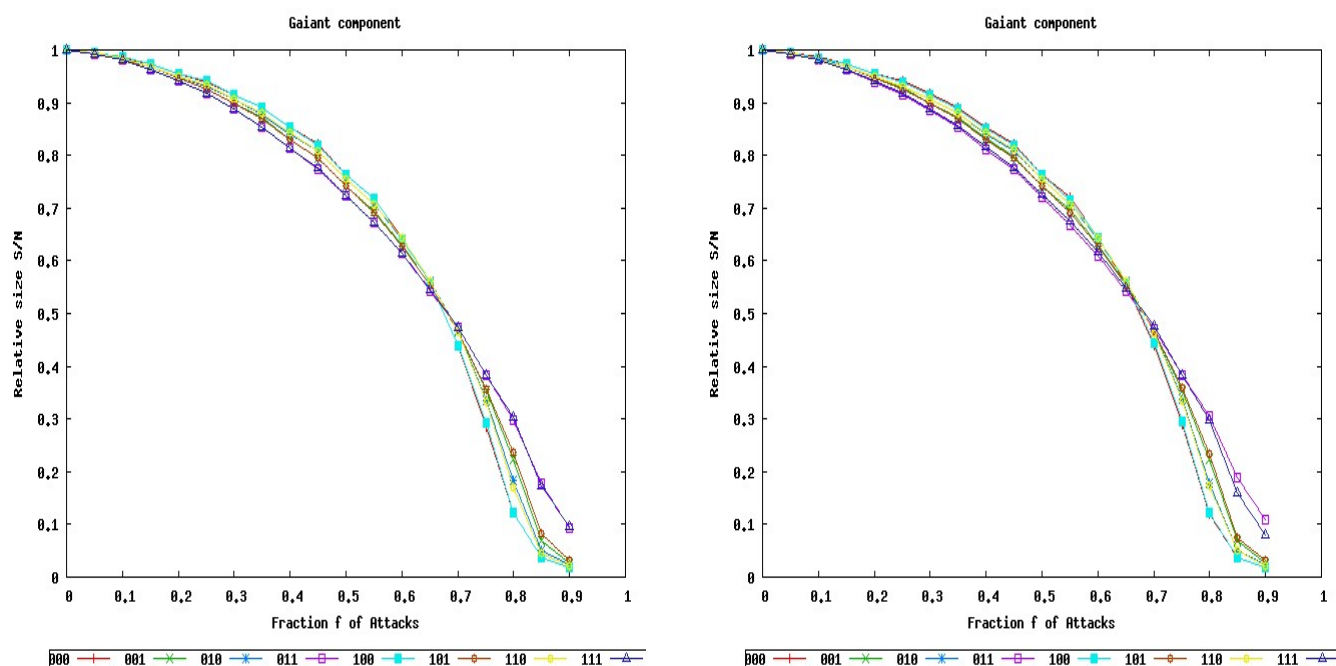


図 3-30. 名古屋地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

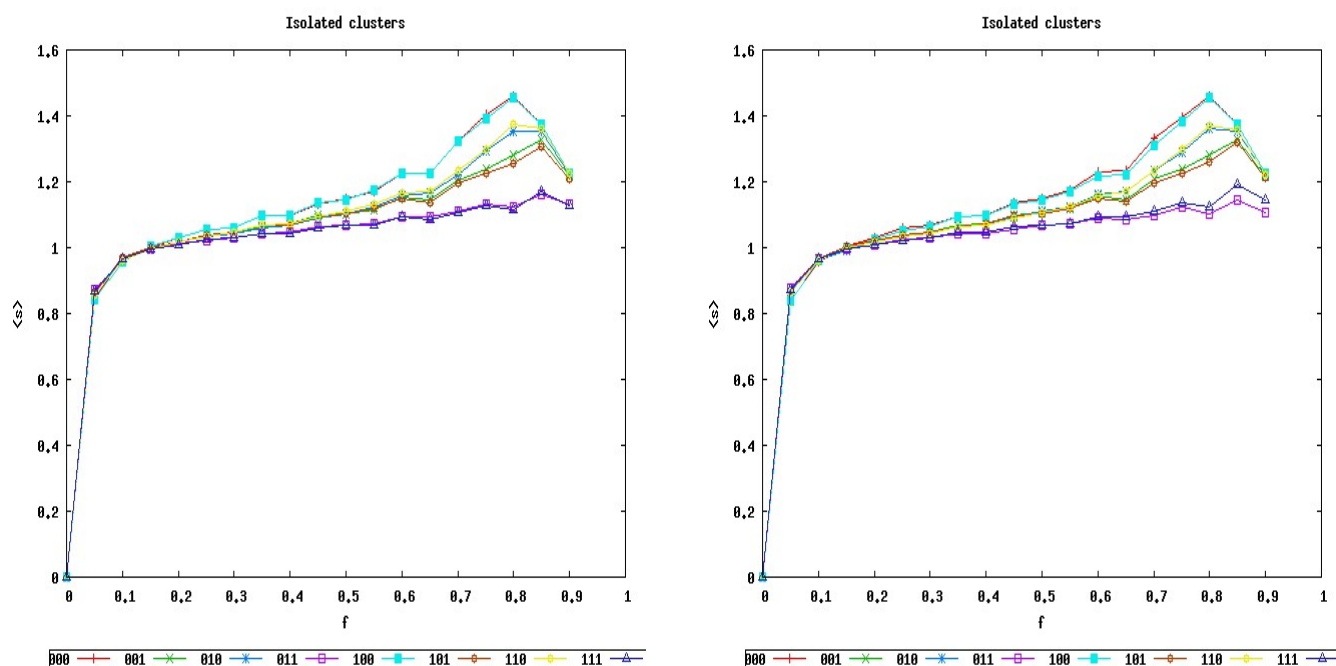


図 3-31. 名古屋地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割

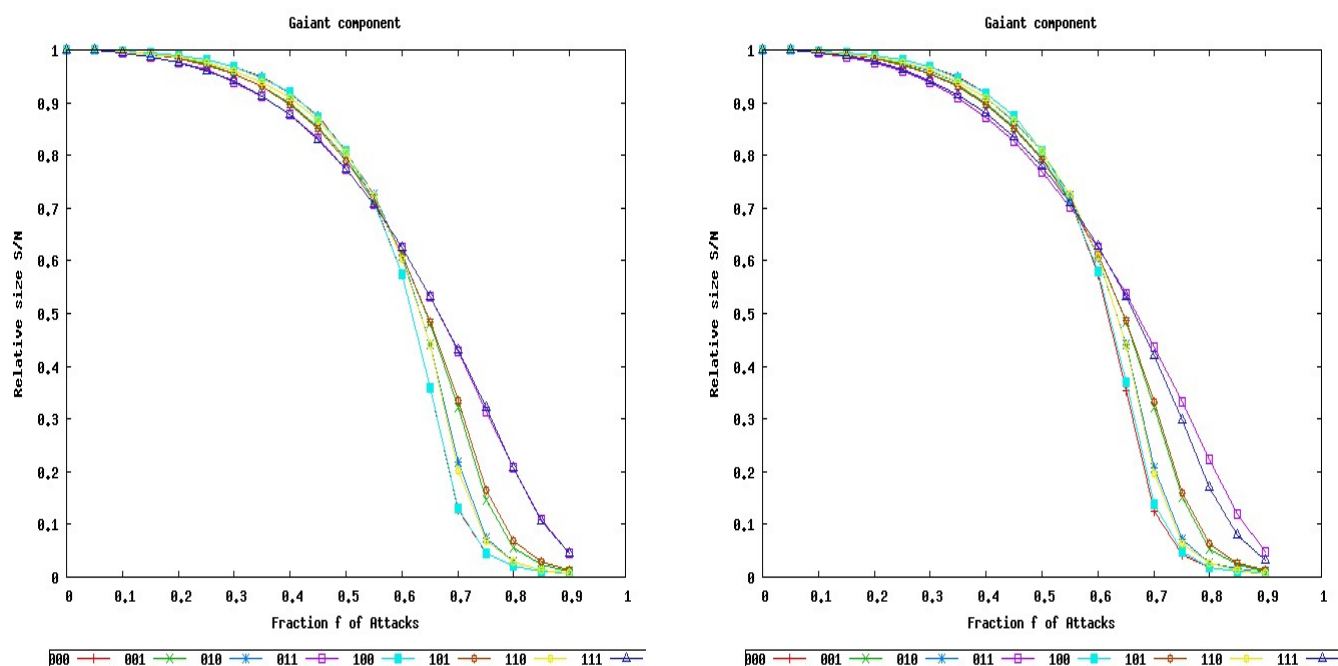
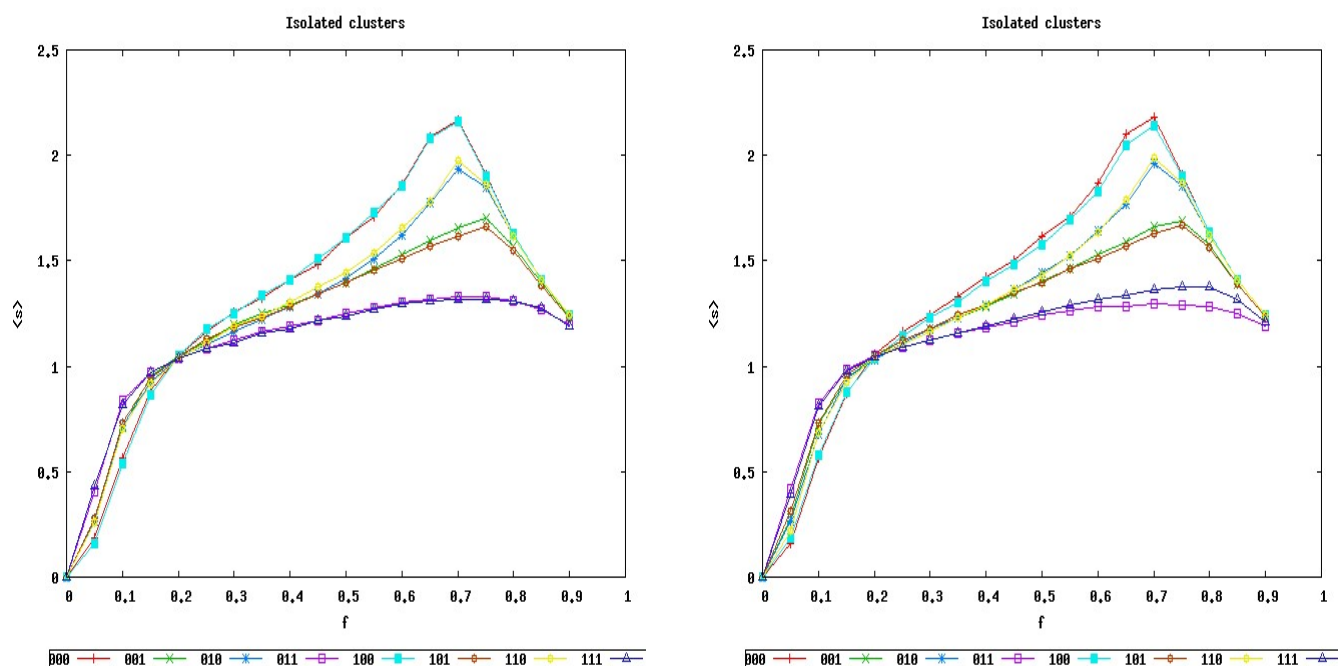


図 3-32. 名古屋地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ (左) 三角分割, (右) 四角分割



<s>の最大値と破壊率の関係

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.7	0.8	0.7
001	0.8	0.7	0.85	0.75
010	0.75	0.75	0.8	0.7
011	0.8	0.7	0.85	0.75
100	0.75	0.75	0.8	0.7
101	0.8	0.7	0.85	0.75
110	0.75	0.75	0.85	0.7
111	0.85	0.75	0.85	0.7

表 3-1. 三角分割 岐阜地区の場合

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.75	0.8	0.7
001	0.8	0.75	0.85	0.75
010	0.8	0.7	0.85	0.75
011	0.8	0.65	0.85	0.7
100	0.75	0.75	0.8	0.7
101	0.8	0.8	0.85	0.75
110	0.8	0.75	0.85	0.75
111	0.85	0.75	0.85	0.8

表 3-2. 四角分割 岐阜地区の場合

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.75	0.8	0.7
001	0.8	0.7	0.85	0.75
010	0.8	0.7	0.85	0.7
011	0.8	0.7	0.85	0.75
100	0.75	0.75	0.8	0.7
101	0.8	0.75	0.85	0.75
110	0.8	0.75	0.8	0.7
111	0.85	0.75	0.85	0.75

表 3-3. 三角分割 石川地区の場合

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.75	0.8	0.7
001	0.8	0.75	0.85	0.75
010	0.8	0.75	0.85	0.7
011	0.8	0.65	0.85	0.75
100	0.75	0.75	0.8	0.7
101	0.8	0.75	0.85	0.7
110	0.8	0.75	0.85	0.7
111	0.85	0.75	0.85	0.8

表 3-4. 四角分割 石川地区の場合

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.75	0.8	0.7
001	0.8	0.7	0.85	0.75
010	0.75	0.7	0.8	0.7
011	0.8	0.75	0.85	0.7
100	0.75	0.75	0.8	0.7
101	0.8	0.75	0.85	0.75
110	0.75	0.7	0.8	0.7
111	0.85	0.7	0.85	0.75

表 3-5. 三角分割 京阪地区の場合

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.75	0.8	0.7
001	0.8	0.7	0.85	0.75
010	0.75	0.75	0.85	0.7
011	0.8	0.75	0.85	0.7
100	0.75	0.75	0.8	0.7
101	0.8	0.7	0.85	0.75
110	0.75	0.75	0.85	0.7
111	0.8	0.7	0.85	0.7

表 3-6. 四角分割 京阪地区の場合

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.7	0.8	0.7
001	0.8	0.7	0.85	0.75
010	0.75	0.75	0.85	0.7
011	0.8	0.7	0.85	0.75
100	0.75	0.75	0.8	0.7
101	0.8	0.7	0.85	0.75
110	0.75	0.75	0.8	0.7
111	0.8	0.55	0.85	0.7

表 3-7. 三角分割 名古屋地区の場合

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.75	0.8	0.7
001	0.8	0.7	0.85	0.75
010	0.75	0.75	0.8	0.7
011	0.85	0.7	0.85	0.7
100	0.75	0.75	0.8	0.7
101	0.8	0.75	0.85	0.75
110	0.75	0.75	0.8	0.7
111	0.85	0.75	0.85	0.8

表 3-8. 四角分割 名古屋地区の場合

攻撃手法で比較した場合 (3 乗)

図 4-1. 岐阜地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

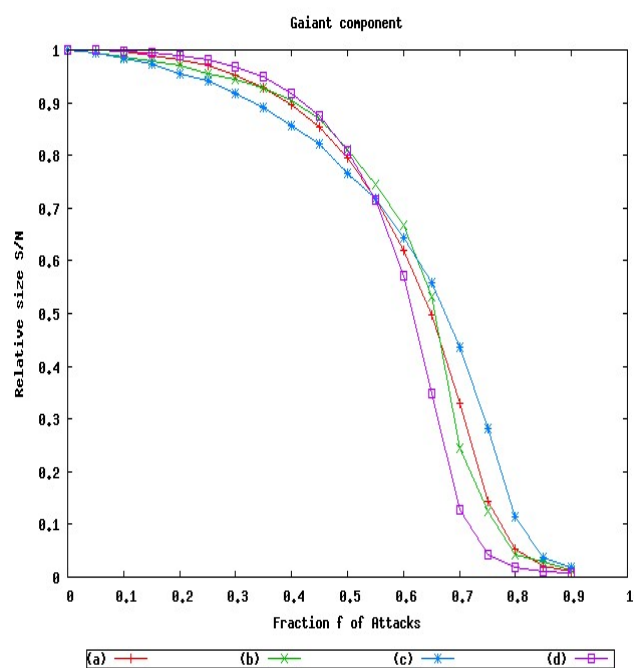


図 4-2. 岐阜地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

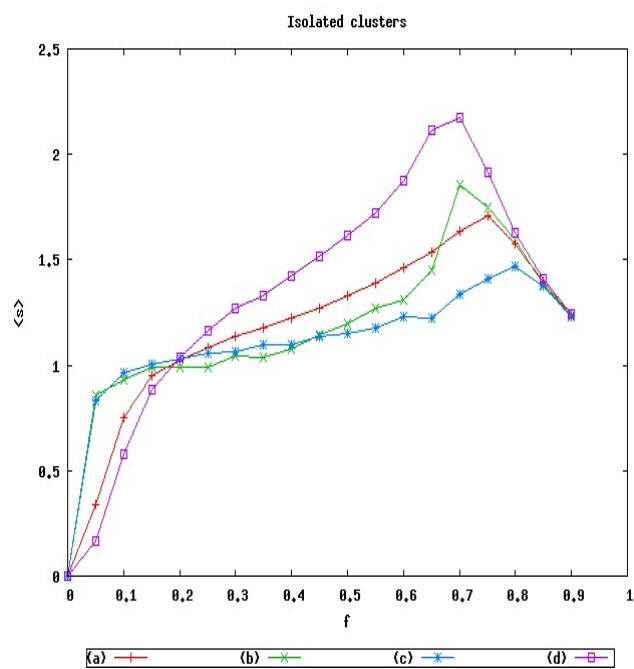


図 4-3. 石川地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

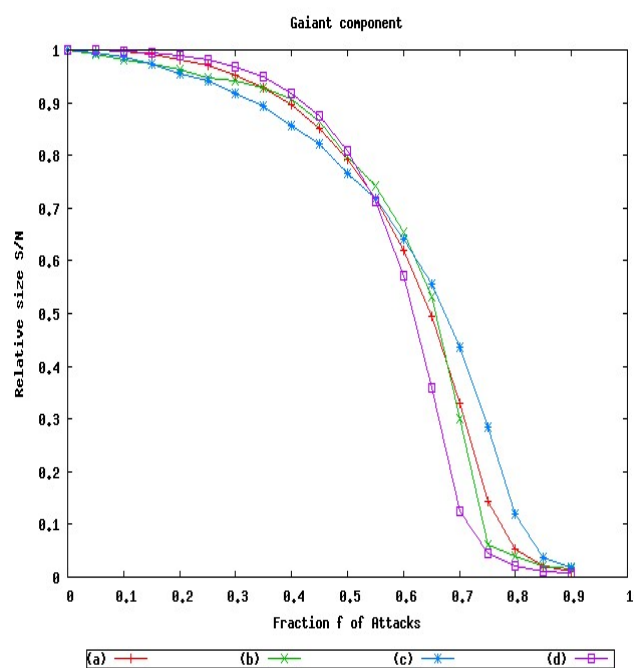


図 4-4. 石川地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

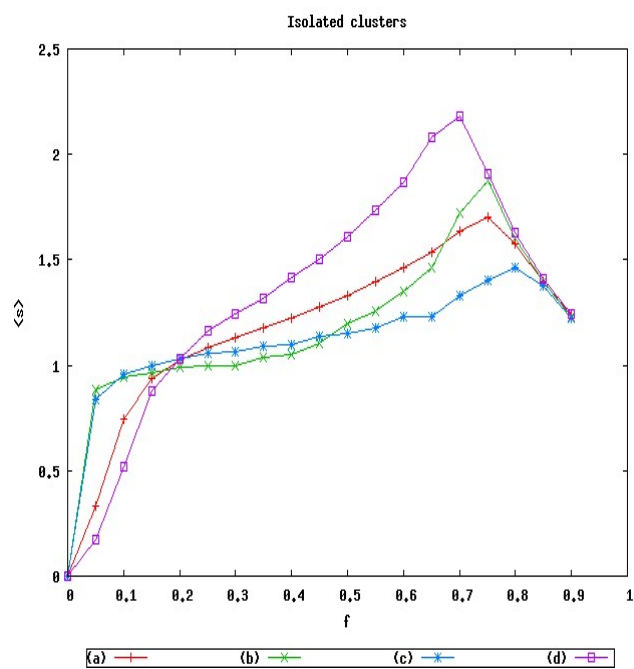


図 4-5. 京阪地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

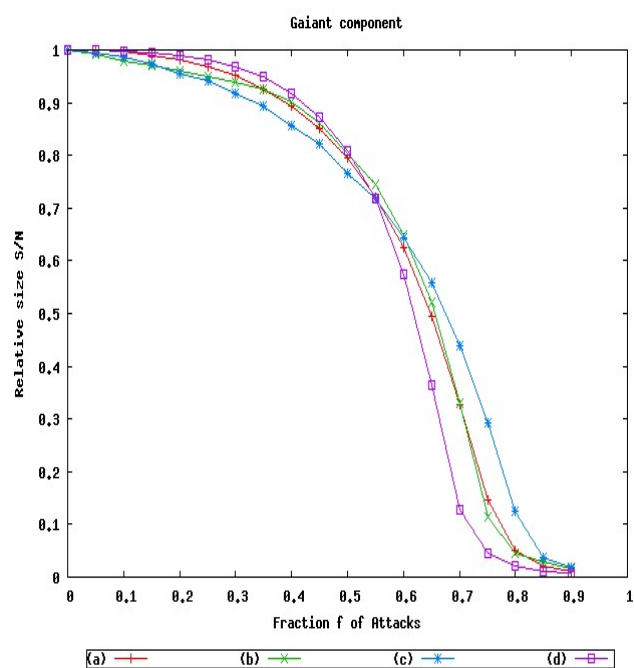


図 4-6. 京阪地区 結合確率 000 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

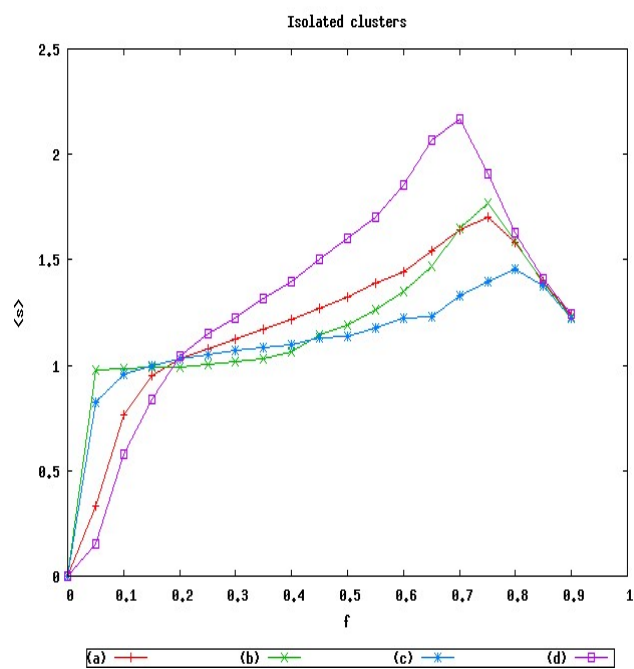


図 4-7. 名古屋地区 結合確率 0.00 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

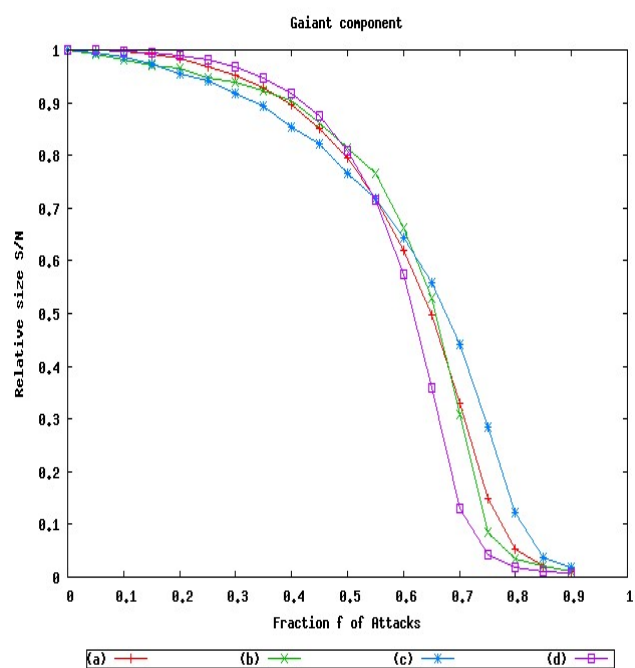


図 4-8. 名古屋地区 結合確率 0.00 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

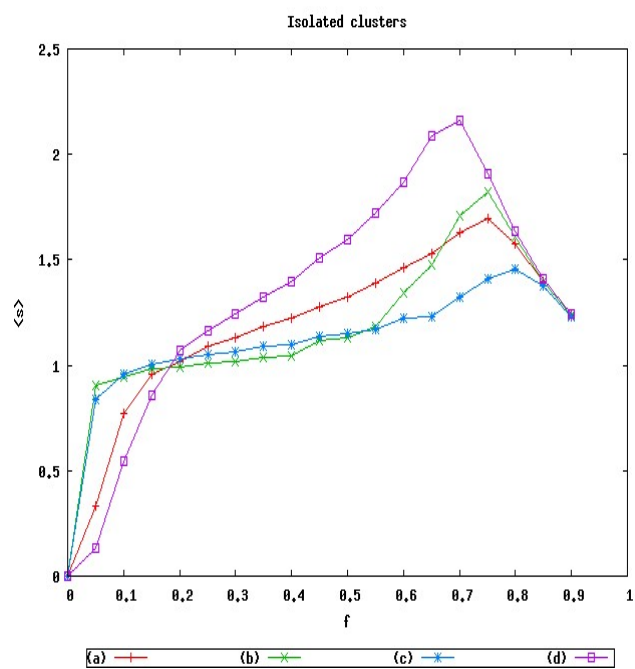


図 4-9. 岐阜地区 結合確率 003 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

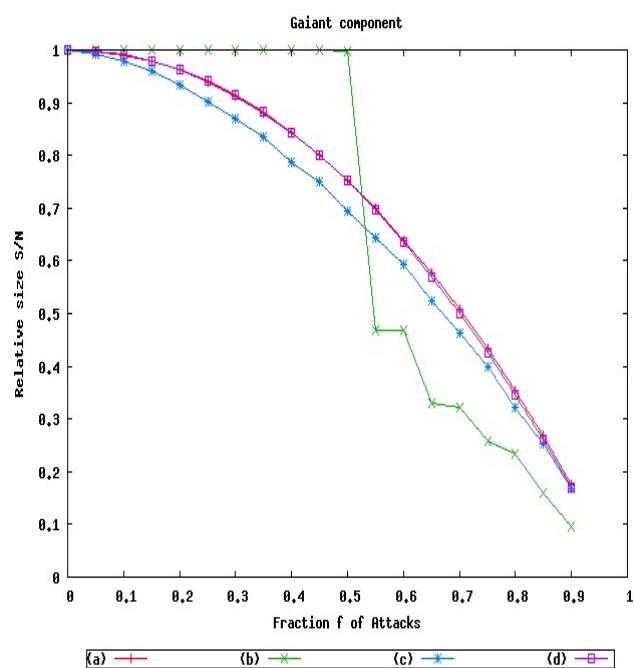


図 4-10. 岐阜地区 結合確率 003 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

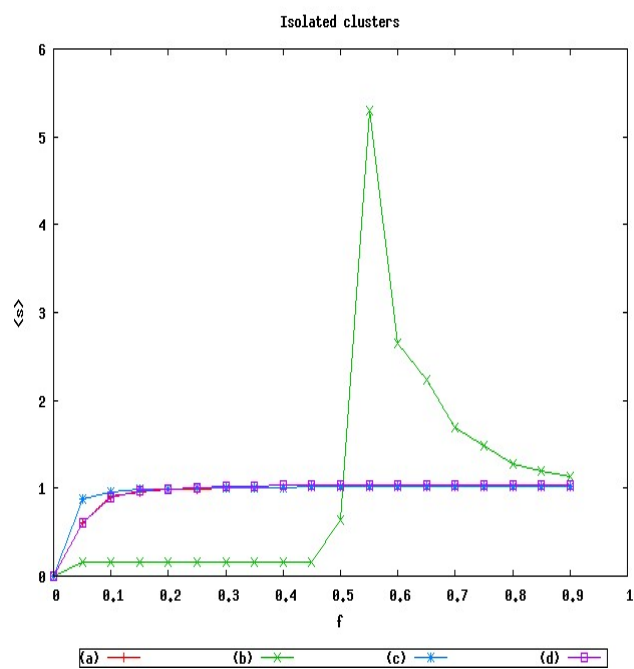


図 4-11. 石川地区 結合確率 003 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

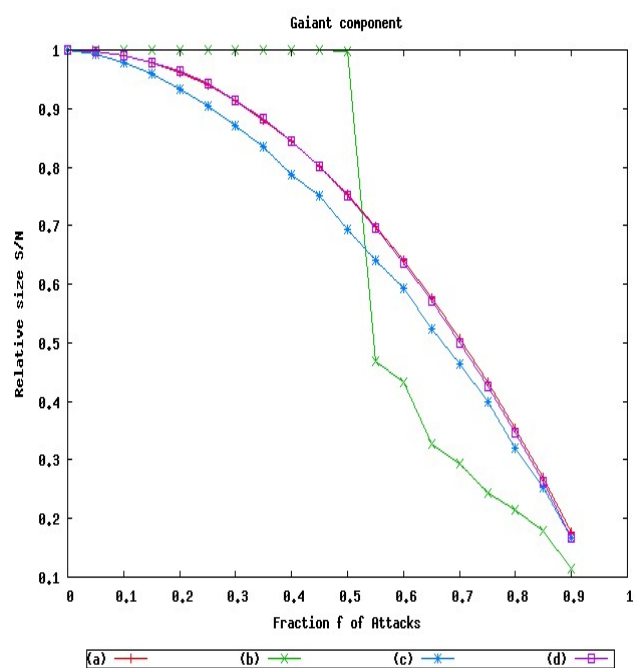


図 4-12. 石川地区 結合確率 003 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

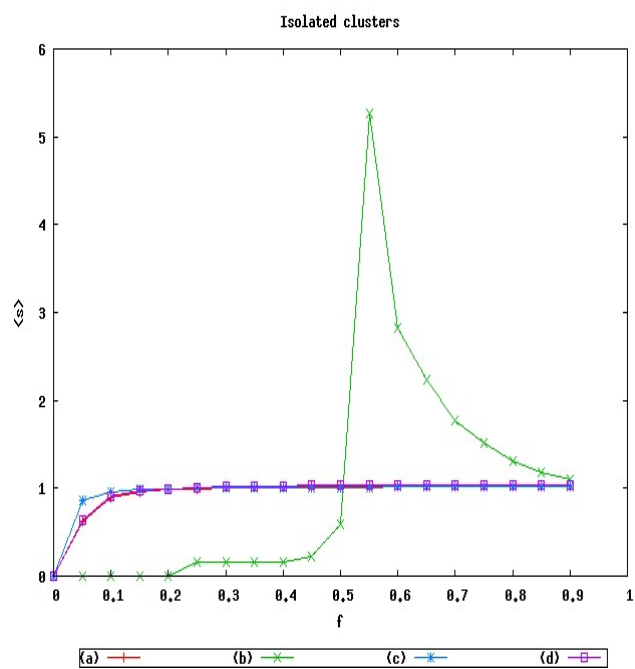


図 4-13. 京阪地区 結合確率 003 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

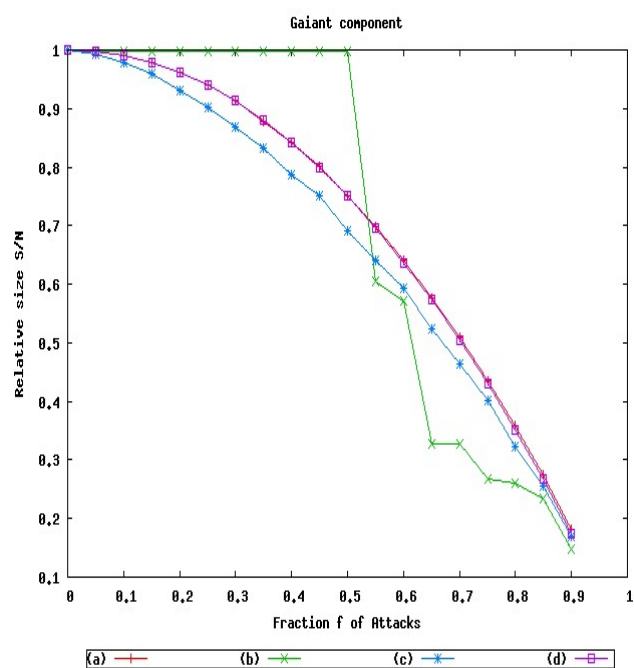


図 4-14. 京阪地区 結合確率 003 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

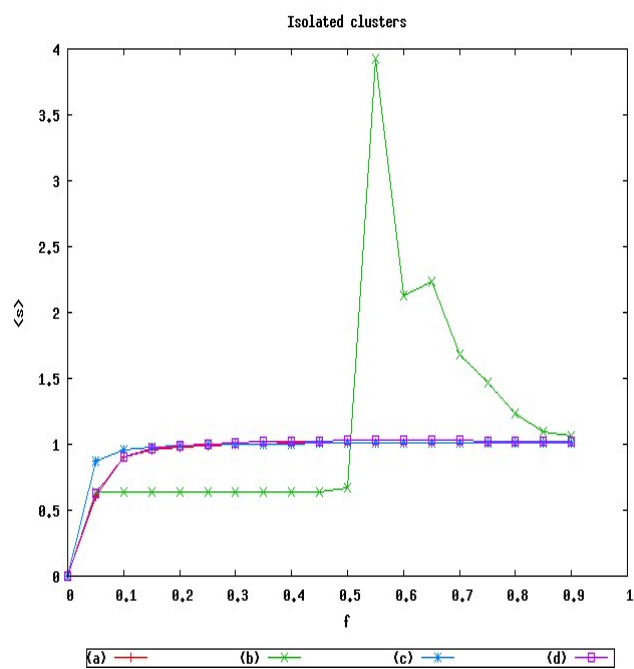


図 4-15. 名古屋地区 結合確率 003 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

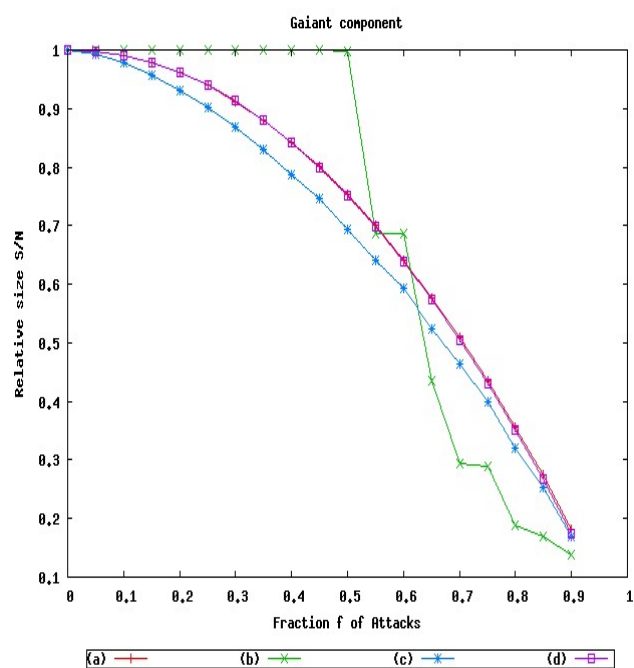


図 4-16. 名古屋地区 結合確率 003 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

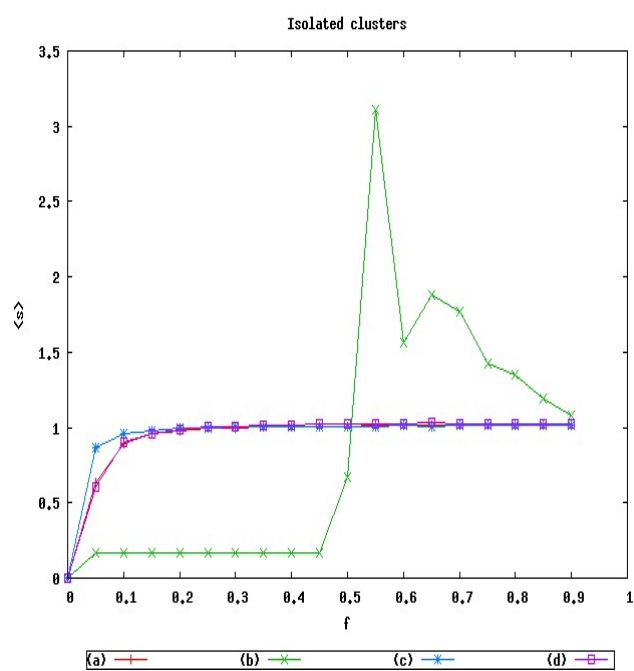


図 4-17. 岐阜地区 結合確率 0.30 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

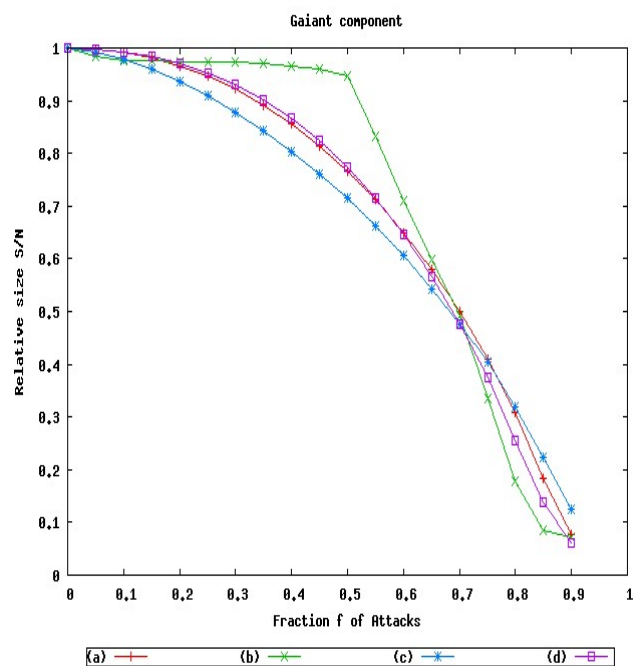


図 4-18. 岐阜地区 結合確率 0.30 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

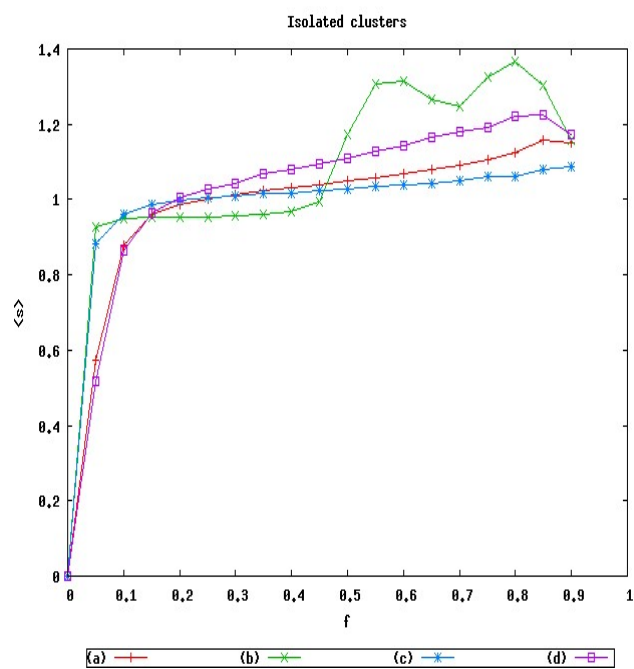


図 4-19. 石川地区 結合確率 0.30 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

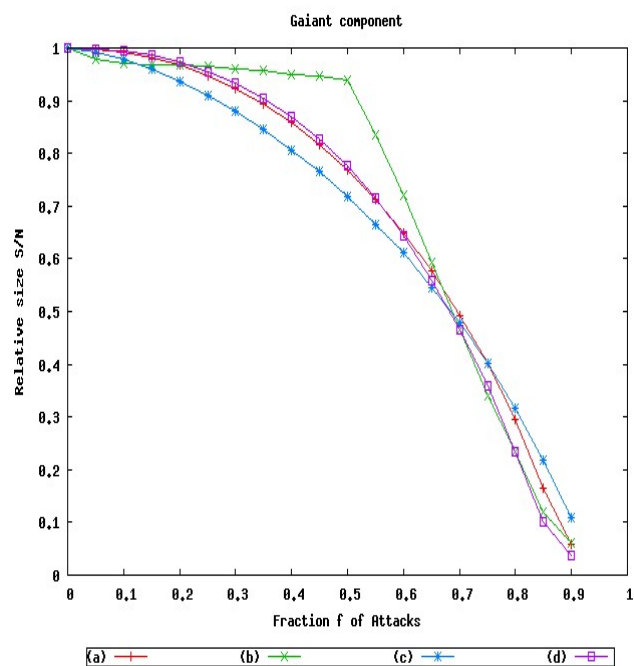


図 4-20. 石川地区 結合確率 0.30 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

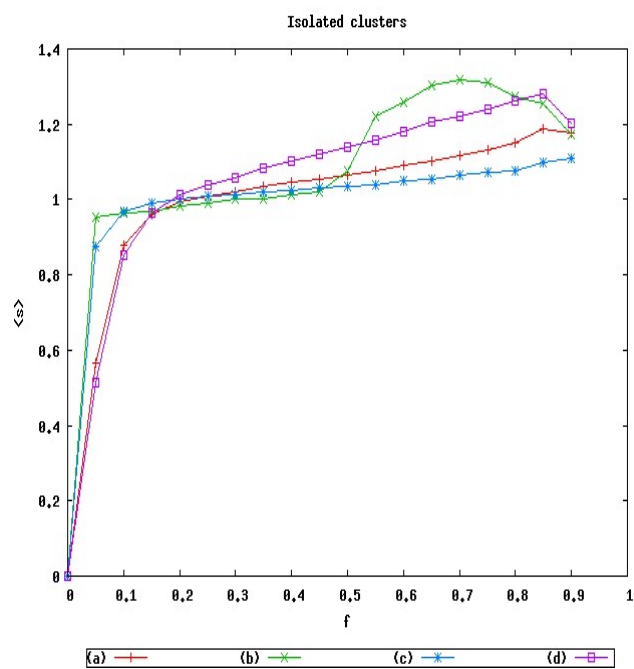


図 4-21. 京阪地区 結合確率 0.30 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

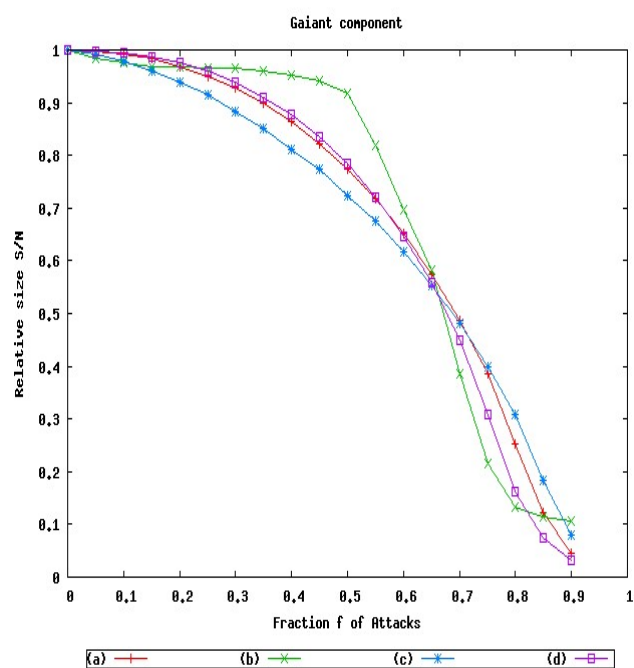


図 4-22. 京阪地区 結合確率 0.30 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

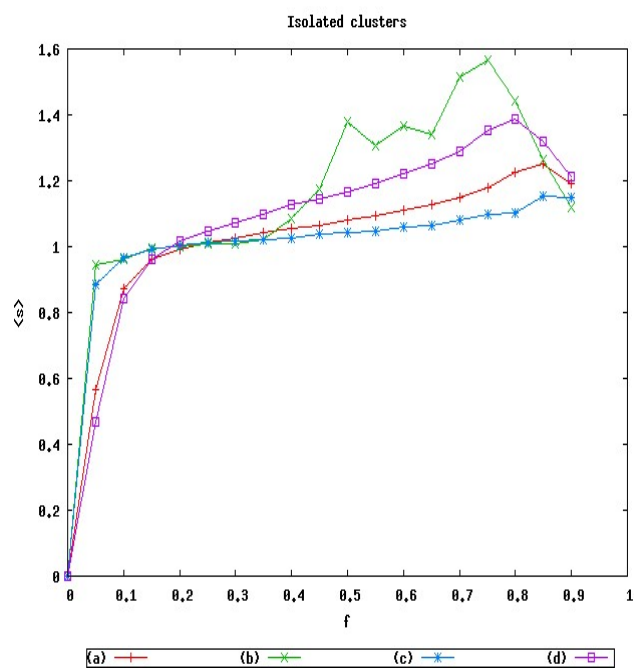


図 4-23. 名古屋地区 結合確率 0.30 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

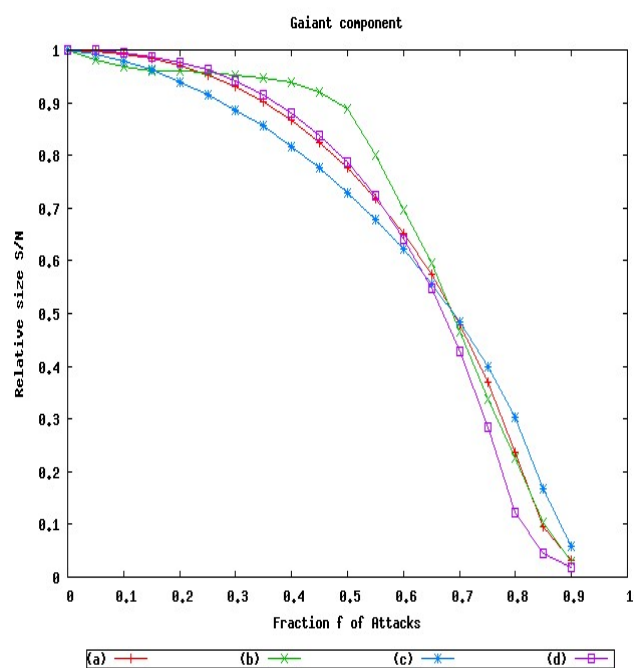


図 4-24. 名古屋地区 結合確率 0.30 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

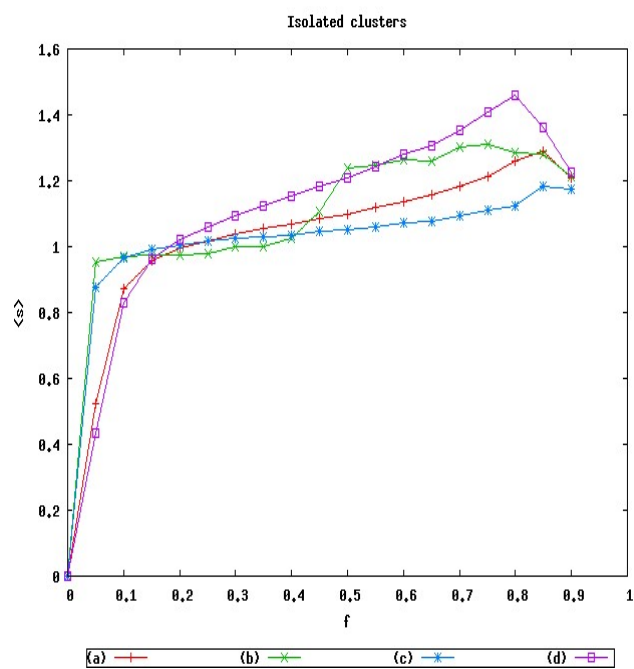


図 4-25. 岐阜地区 結合確率 0.33 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

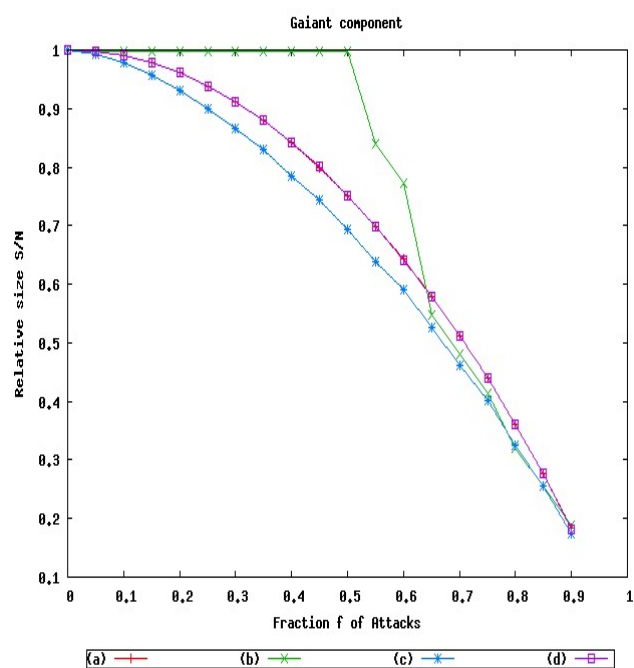


図 4-26. 岐阜地区 結合確率 0.33 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

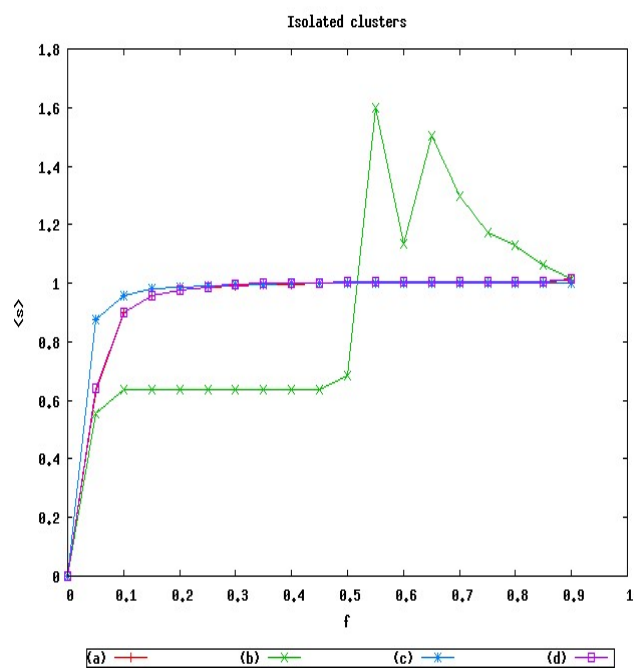


図 4-27. 石川地区 結合確率 0.33 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

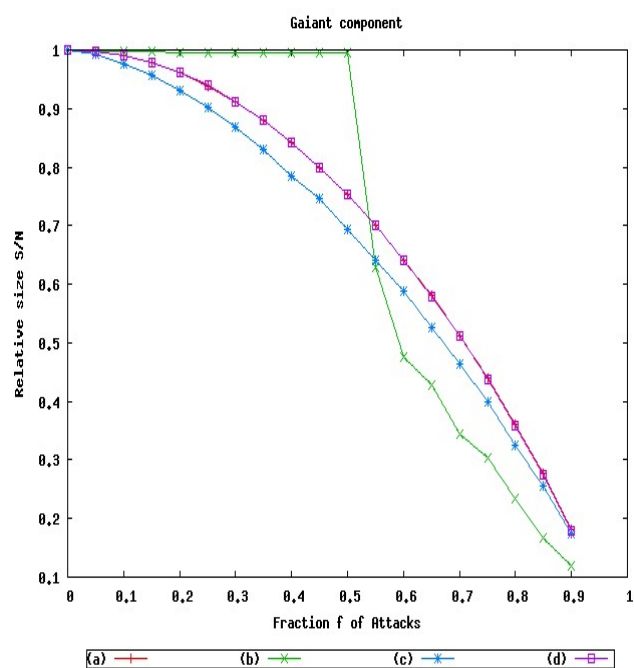


図 4-28. 石川地区 結合確率 0.33 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

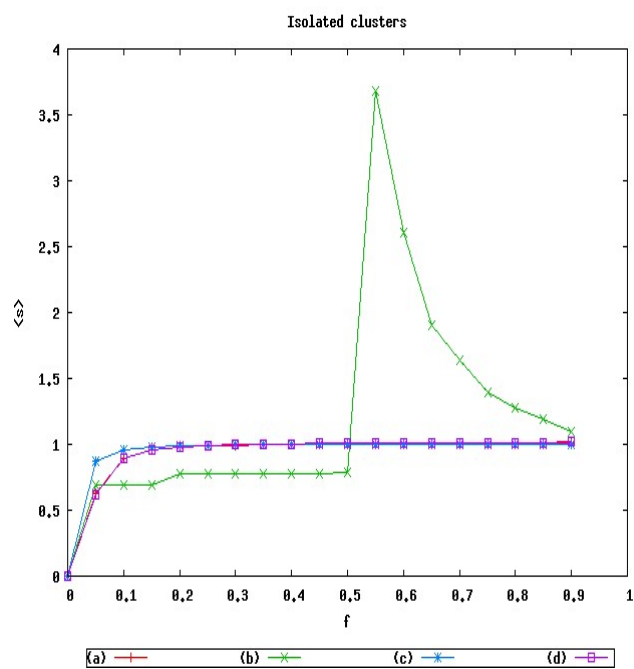


図 4-29. 京阪地区 結合確率 0.33 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

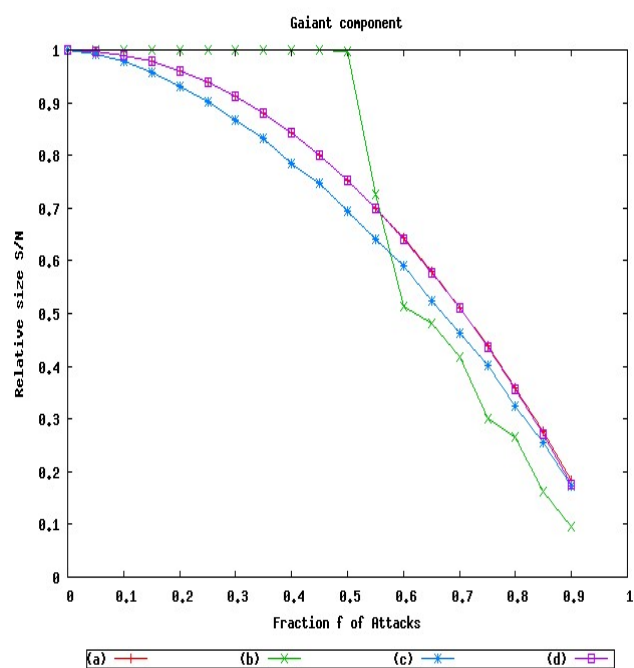


図 4-30. 京阪地区 結合確率 0.33 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

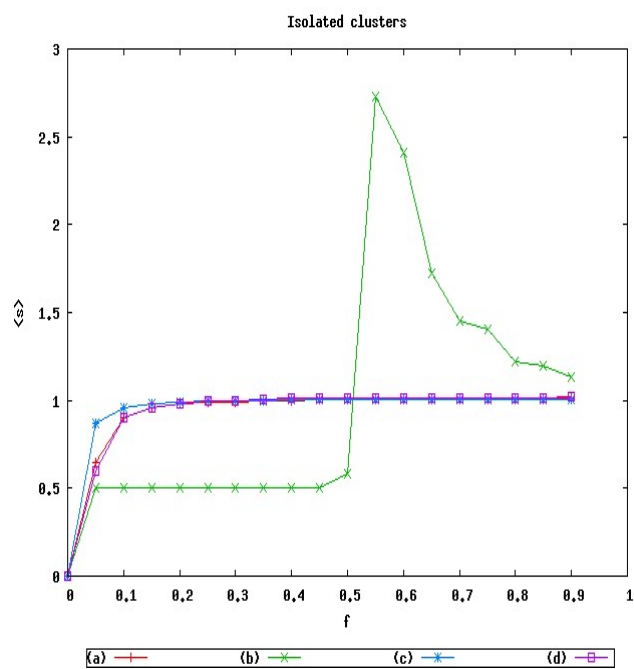


図 4-31. 名古屋地区 結合確率 033 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

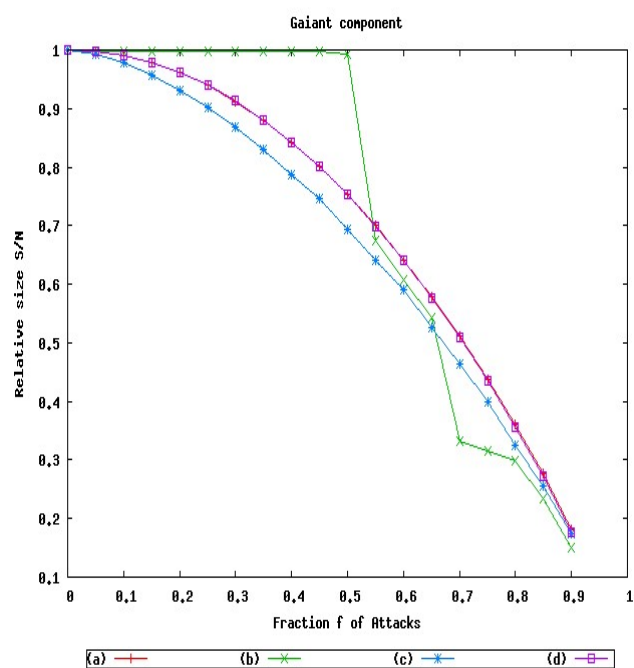


図 4-32. 名古屋地区 結合確率 033 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

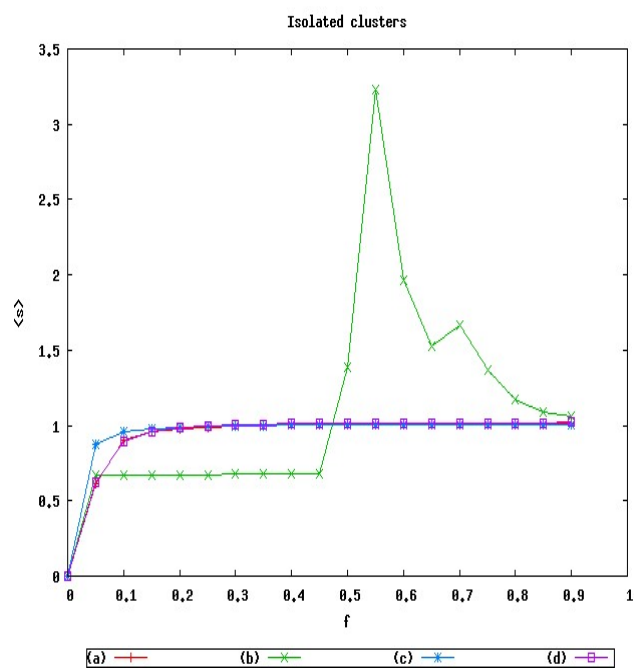


図 4-33. 岐阜地区 結合確率 300 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

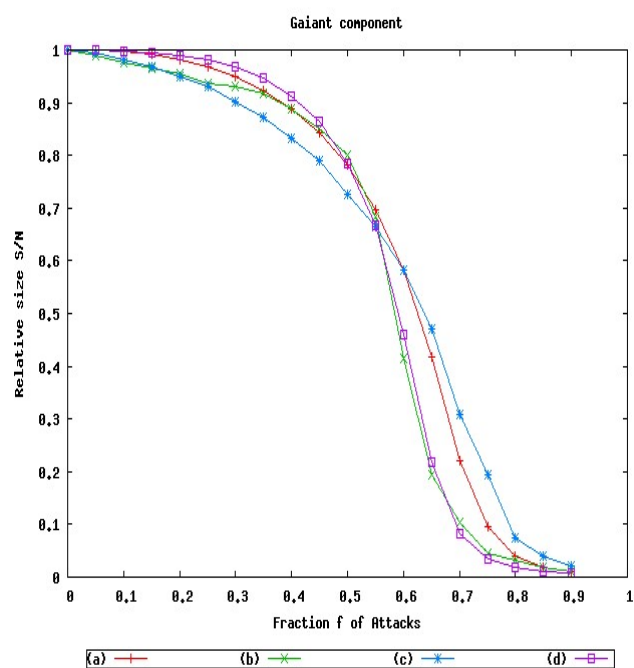


図 4-34. 岐阜地区 結合確率 300 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

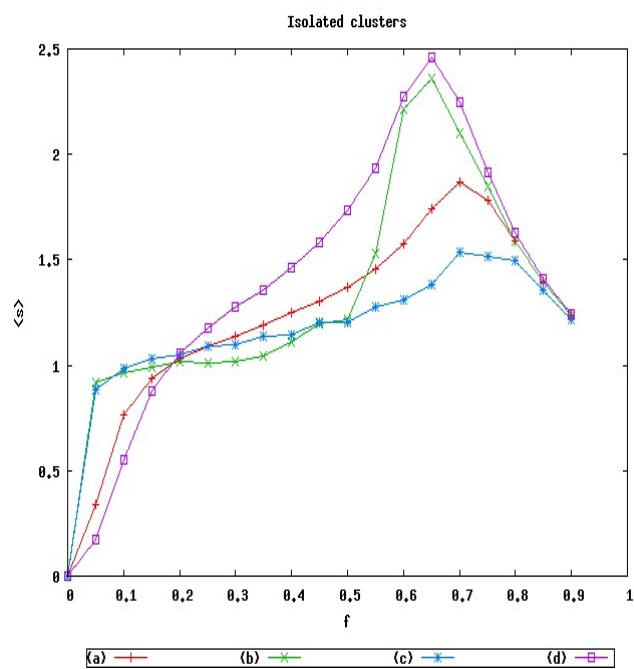


図 4-35. 石川地区 結合確率 300 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

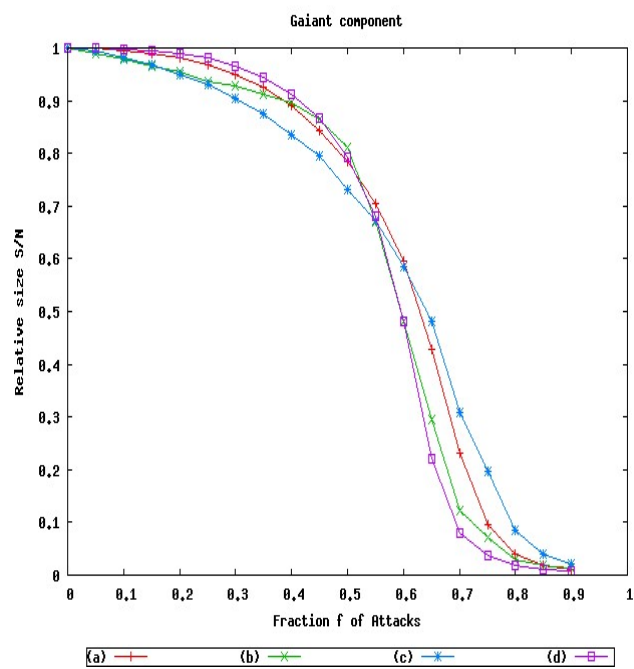


図 4-36. 石川地区 結合確率 300 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

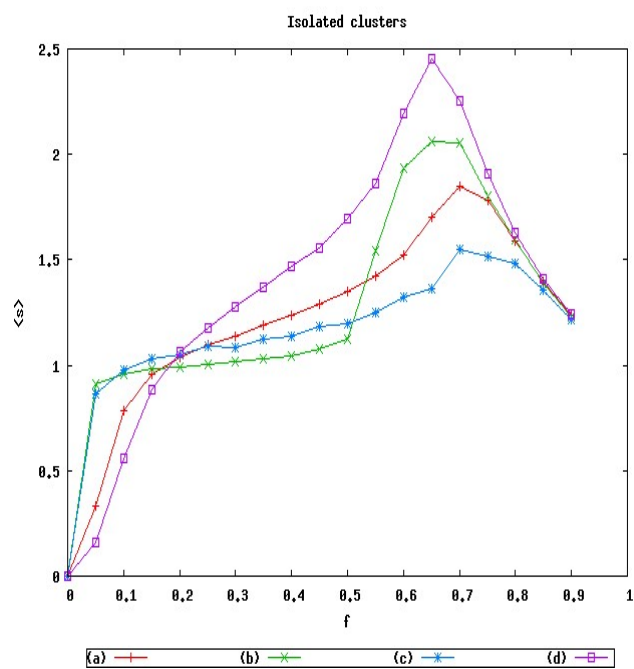


図 4-37. 京阪地区 結合確率 300 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

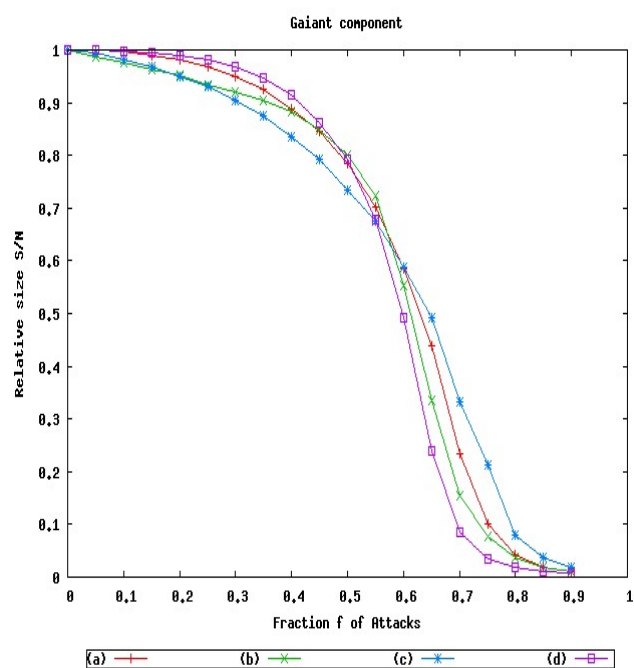


図 4-38. 京阪地区 結合確率 300 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

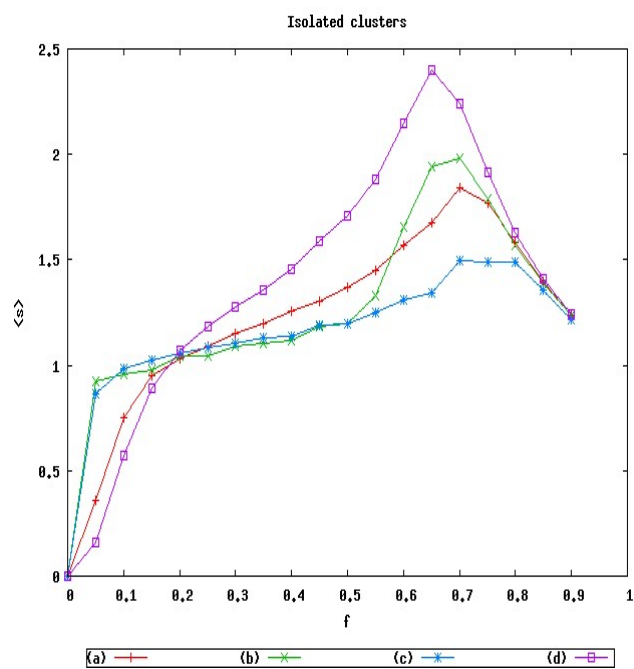


図 4-39. 名古屋地区 結合確率 300 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

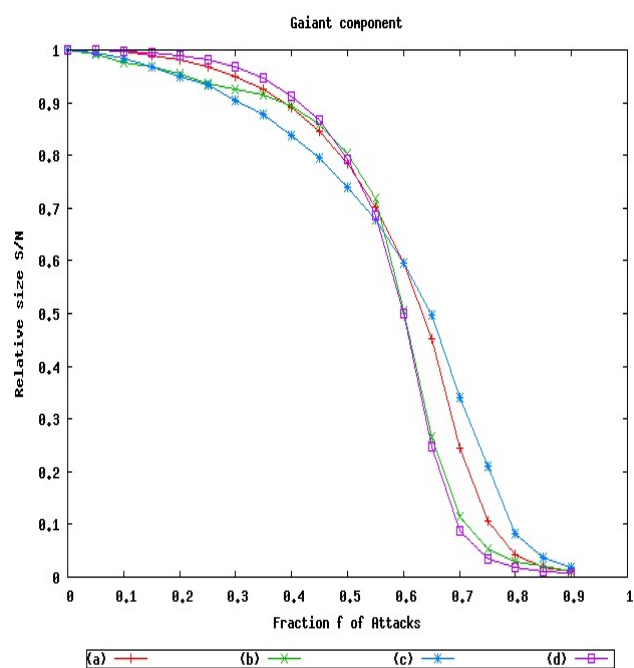


図 4-40. 名古屋地区 結合確率 300 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

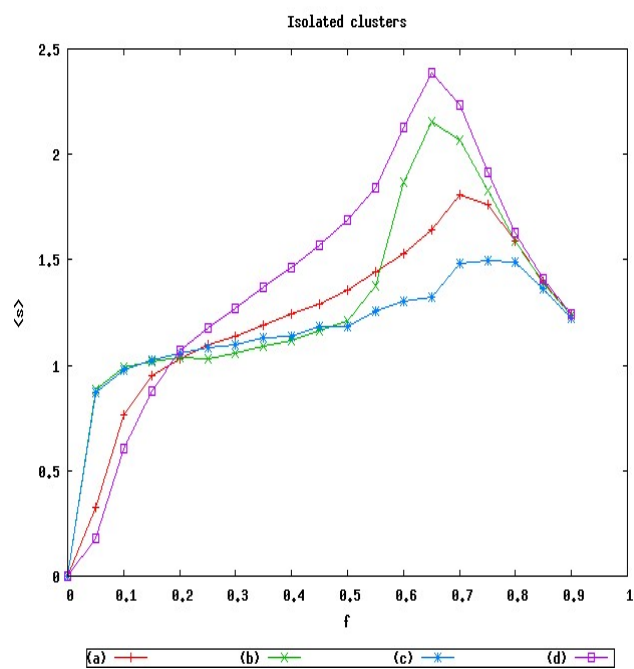


図 4-41. 岐阜地区 結合確率 303 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

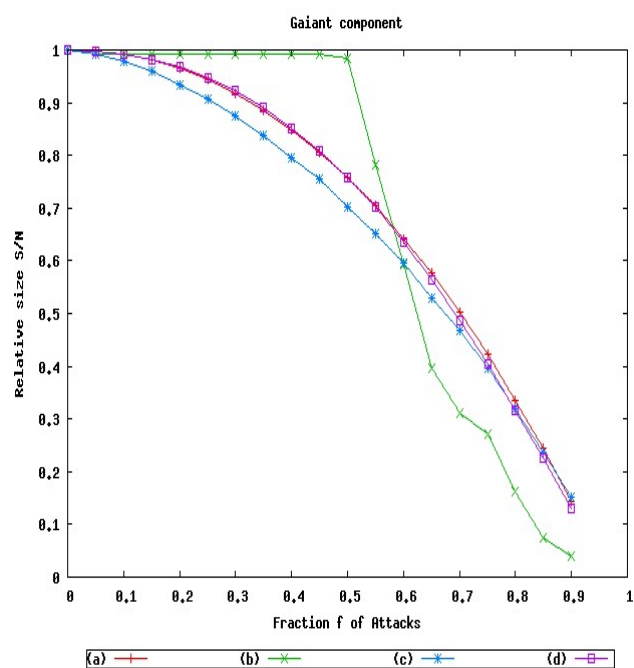


図 4-42. 岐阜地区 結合確率 303 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

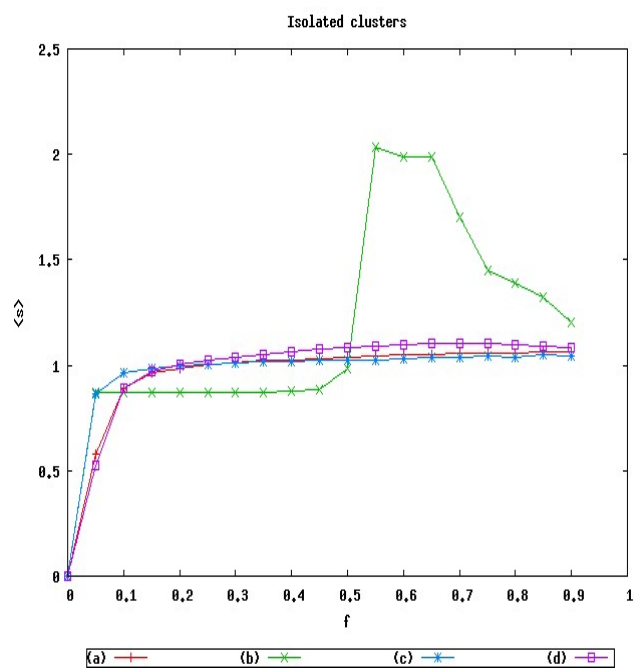


図 4-43. 石川地区 結合確率 303 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

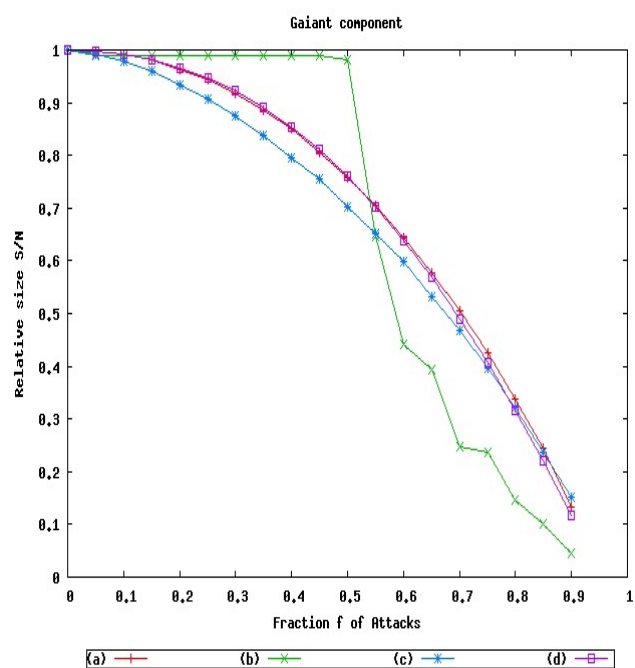


図 4-44. 石川地区 結合確率 303 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

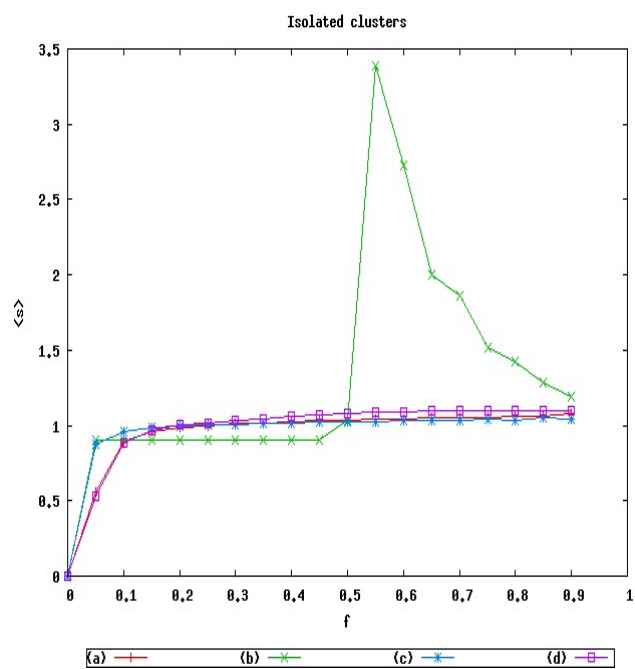


図 4-45. 京阪地区 結合確率 303 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

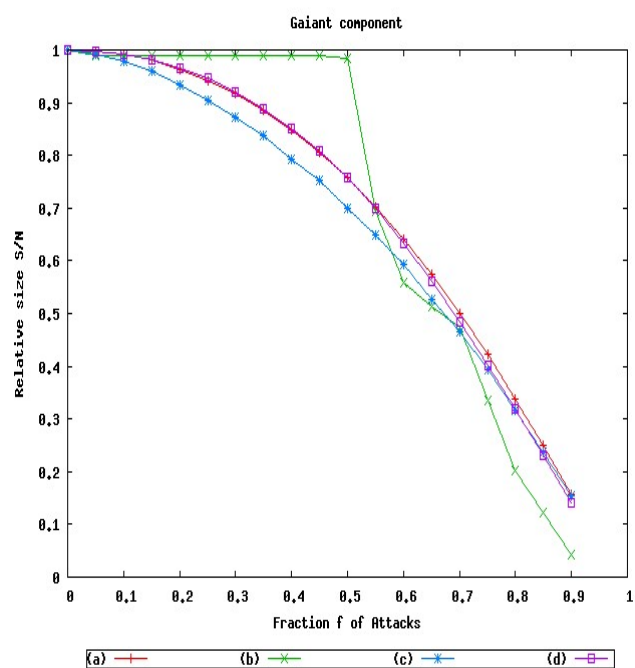


図 4-46. 京阪地区 結合確率 303 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

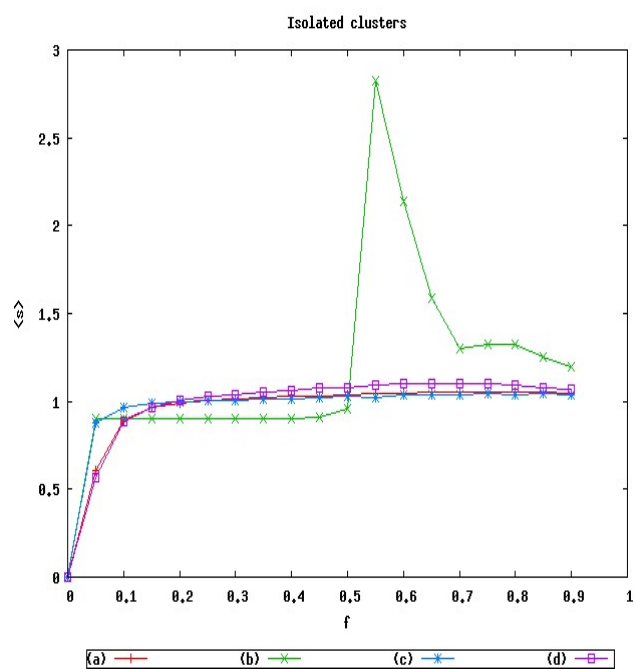


図 4-47. 名古屋地区 結合確率 303 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

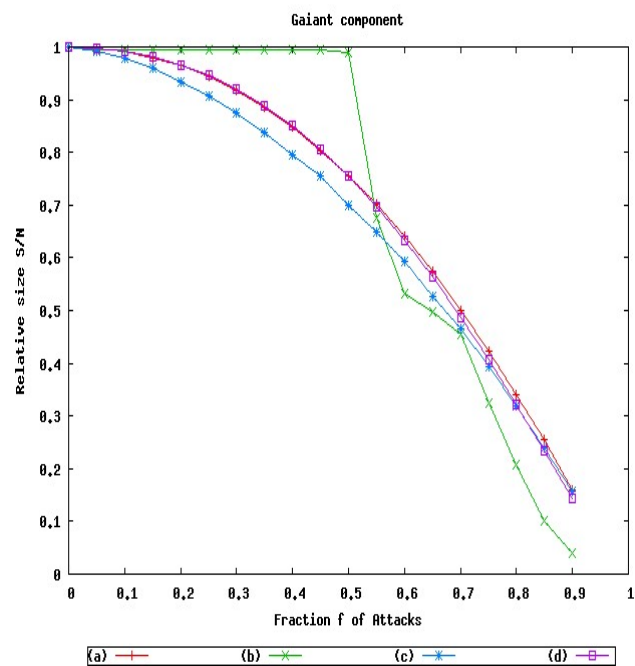


図 4-48. 名古屋地区 結合確率 303 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

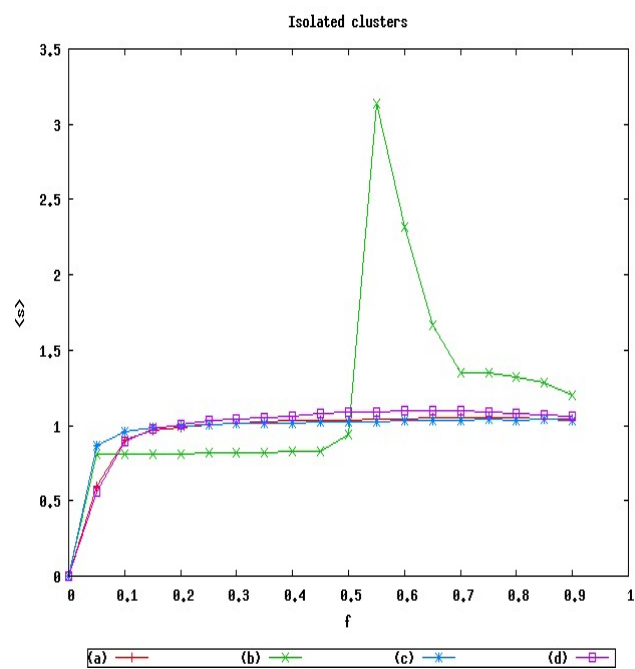


図 4-49. 岐阜地区 結合確率 330 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

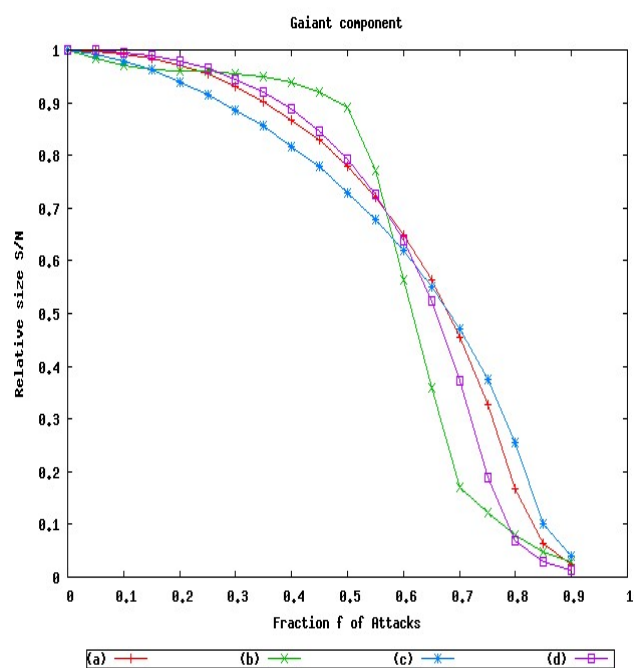


図 4-50. 岐阜地区 結合確率 330 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

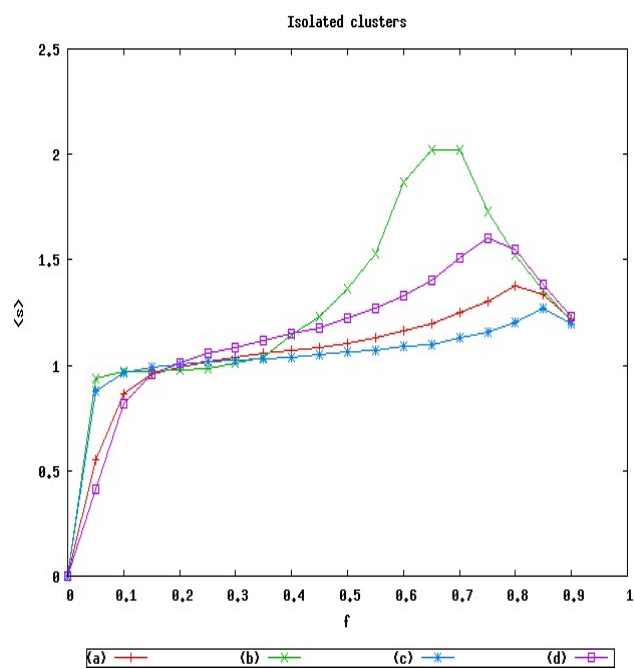


図 4-51. 石川地区 結合確率 330 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

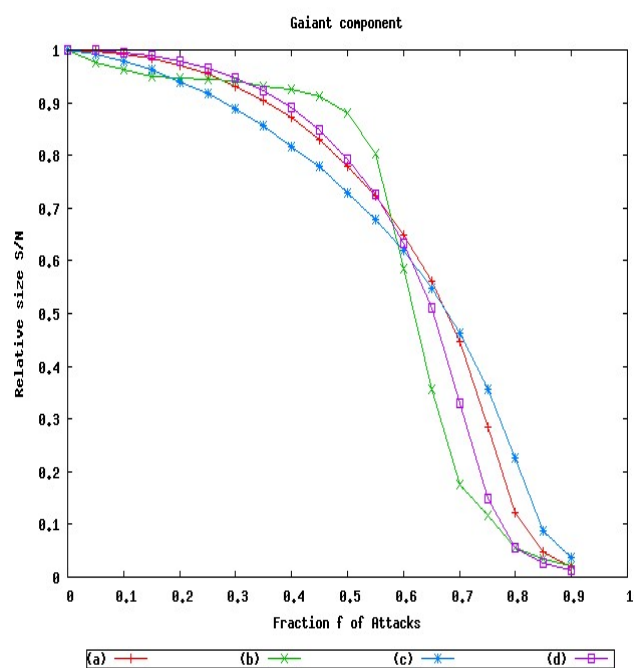


図 4-52. 石川地区 結合確率 330 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

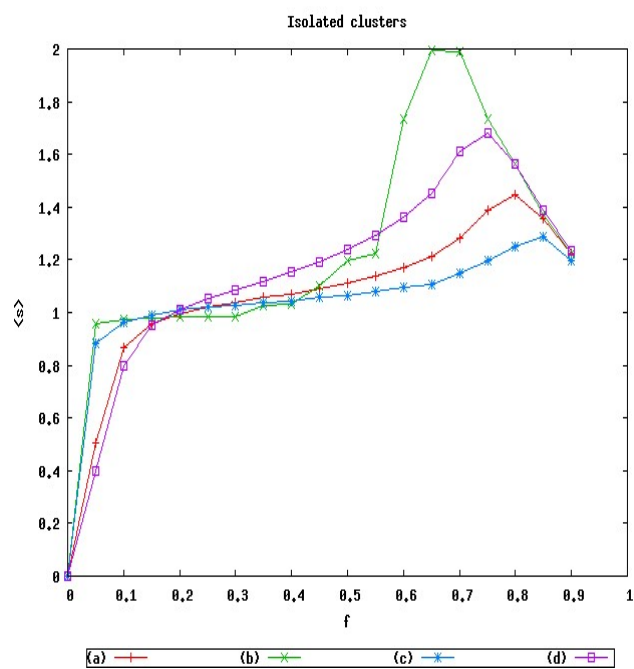


図 4-53. 京阪地区 結合確率 330 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

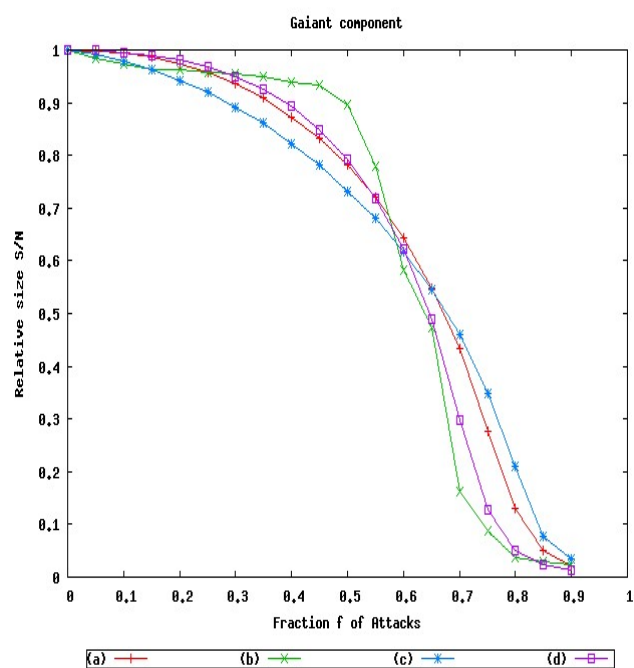


図 4-54. 京阪地区 結合確率 330 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

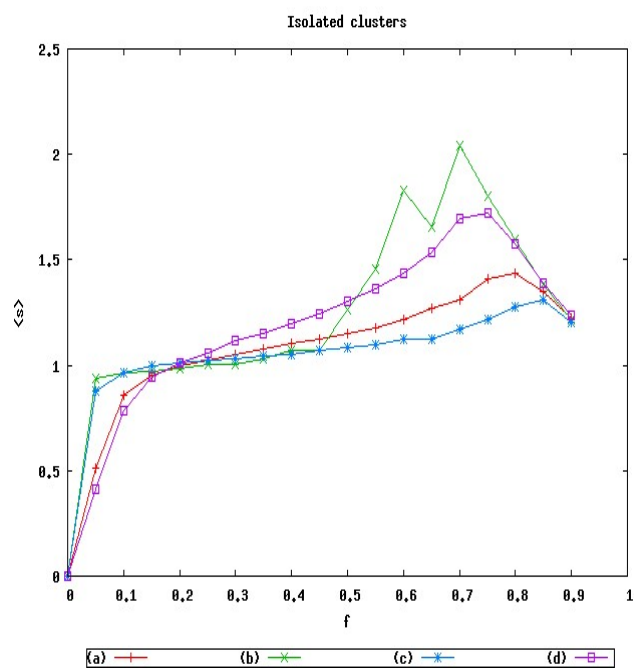


図 4-55. 名古屋地区 結合確率 330 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

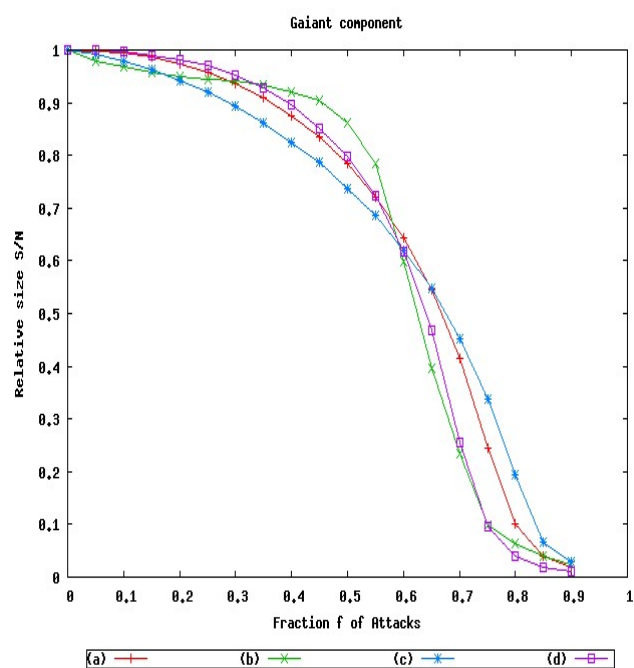


図 4-56. 名古屋地区 結合確率 330 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

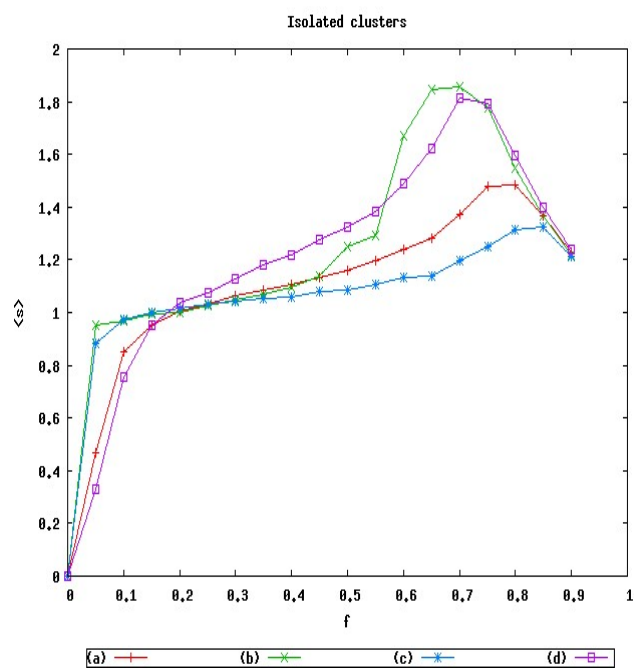


図 4-57. 岐阜地区 結合確率 333 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

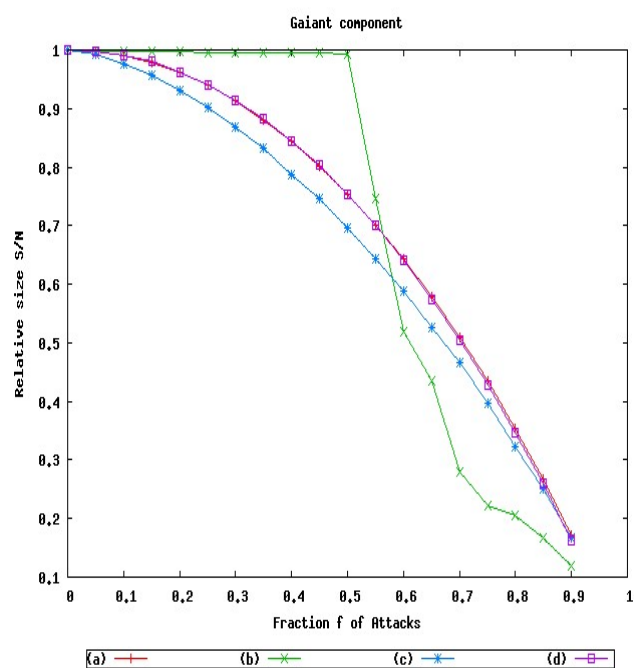


図 4-58. 岐阜地区 結合確率 333 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

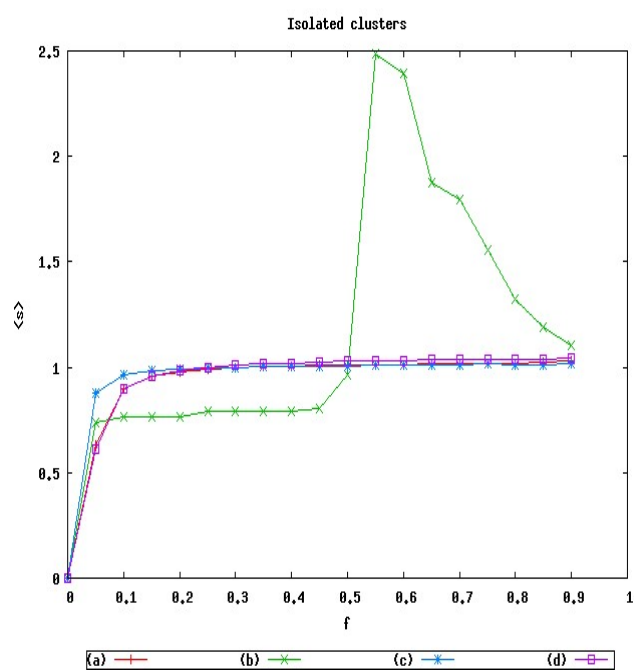


図 4-59. 石川地区 結合確率 333 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

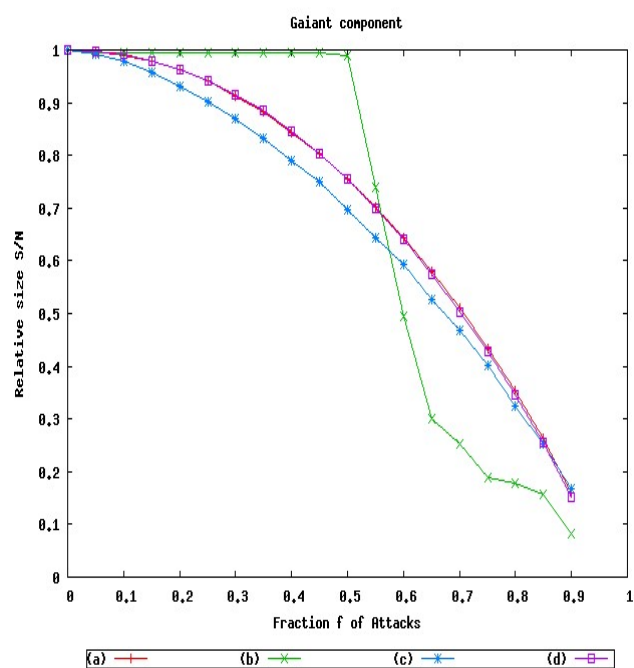


図 4-60. 石川地区 結合確率 333 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

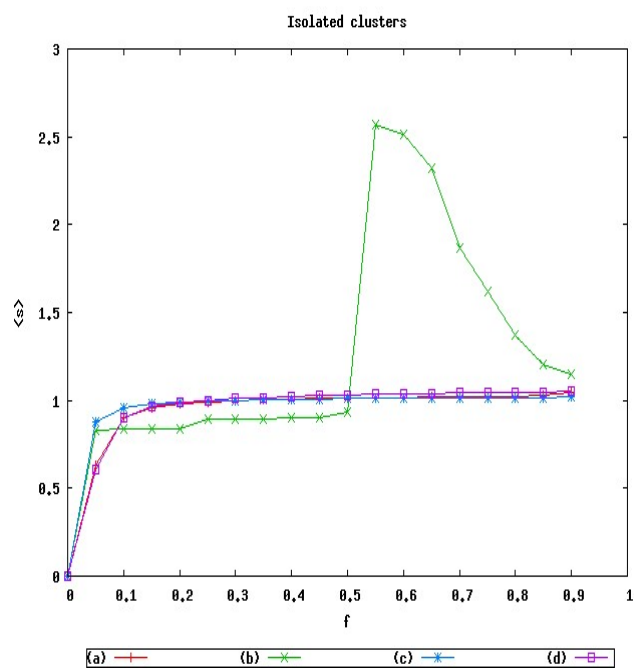


図 4-61. 京阪地区 結合確率 333 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

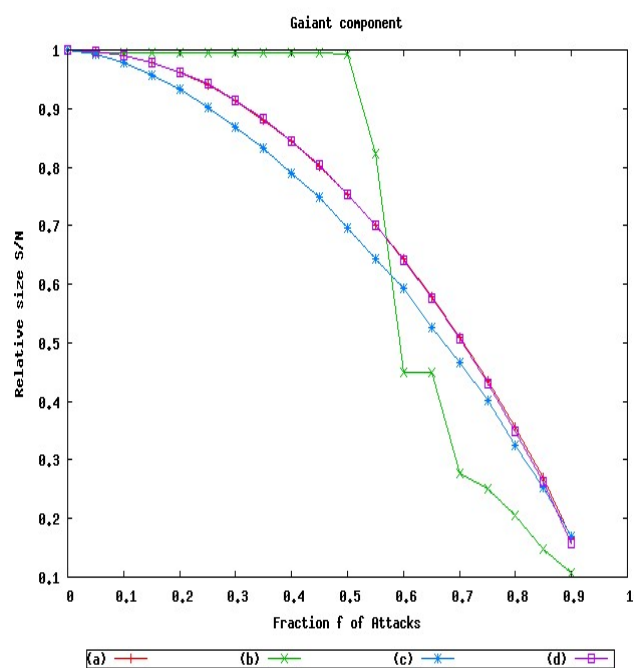


図 4-62. 京阪地区 結合確率 333 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

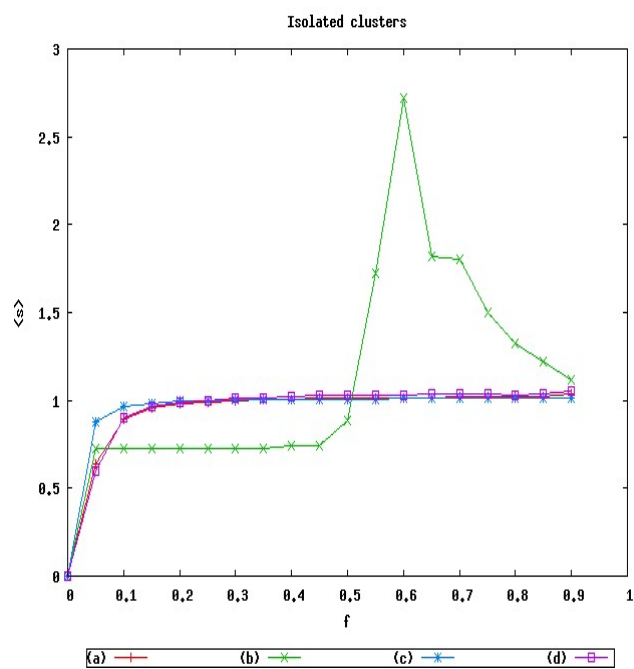


図 4-63. 名古屋地区 結合確率 333 リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

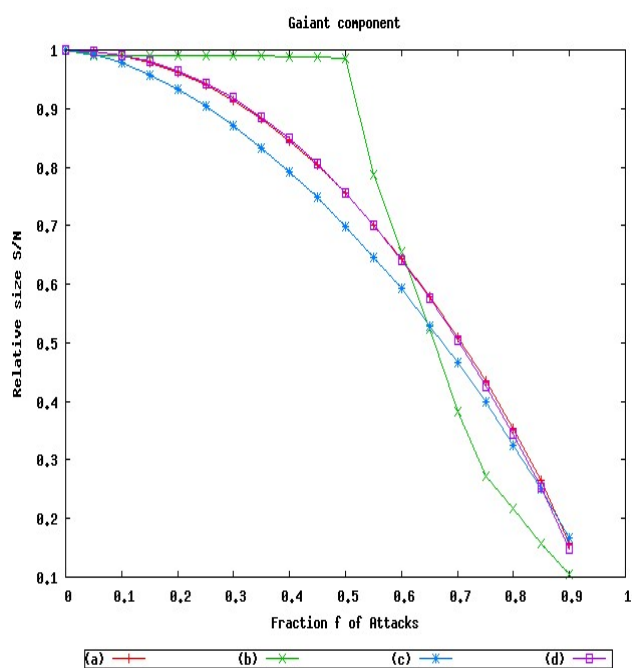
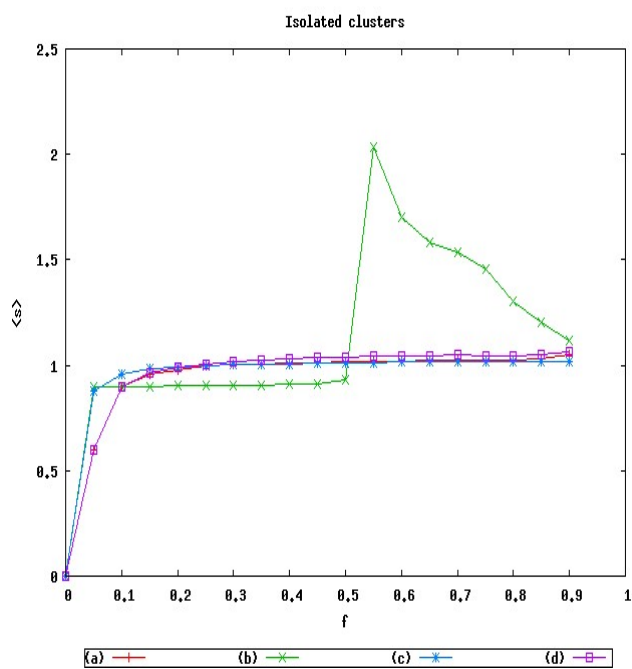


図 4-64. 名古屋地区 結合確率 333 リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割



ネットワークで比較した場合 (3 乗)

図 5-1. 岐阜地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

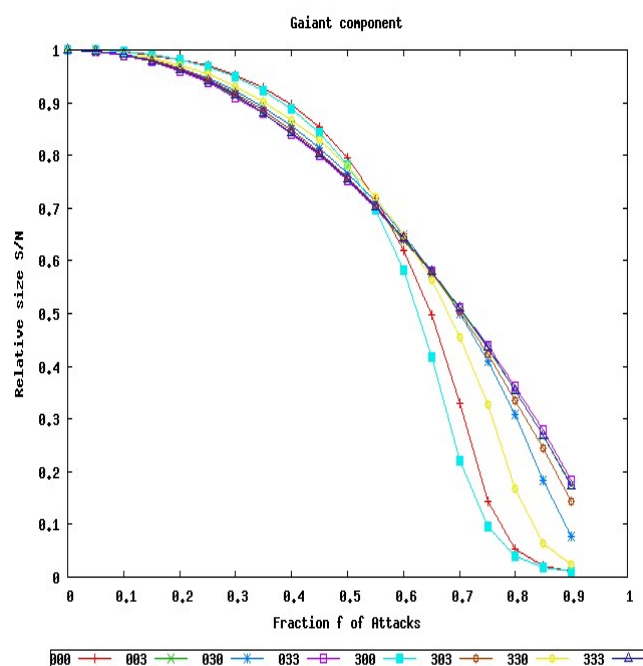


図 5-2. 岐阜地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

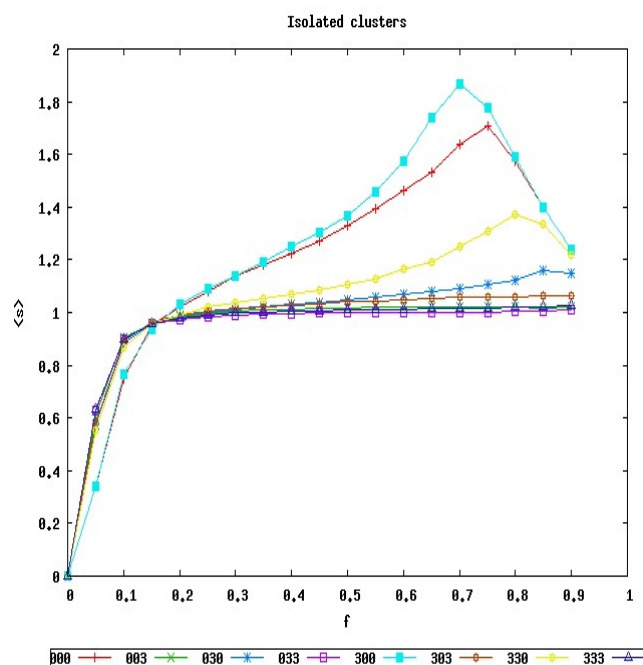


図 5-3. 岐阜地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

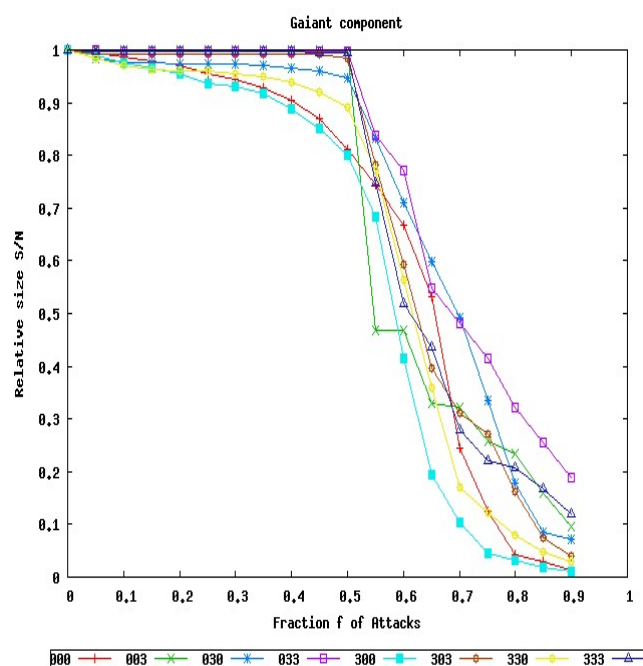


図 5-4. 岐阜地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

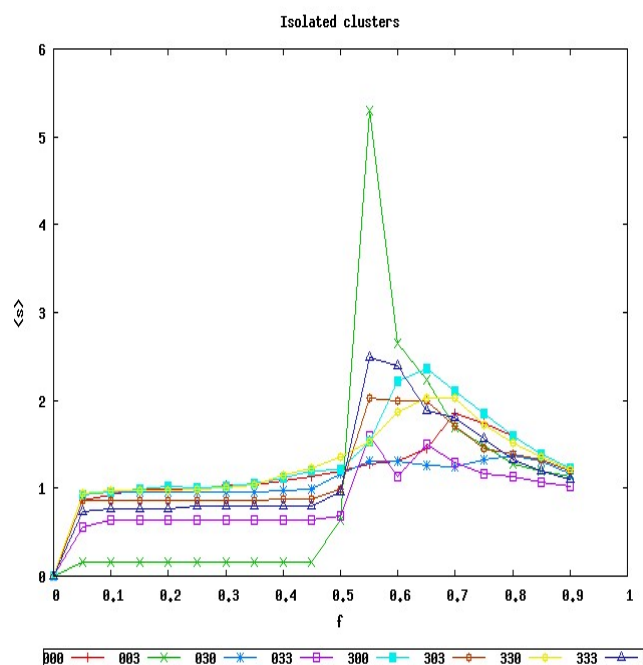


図 5-5. 岐阜地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

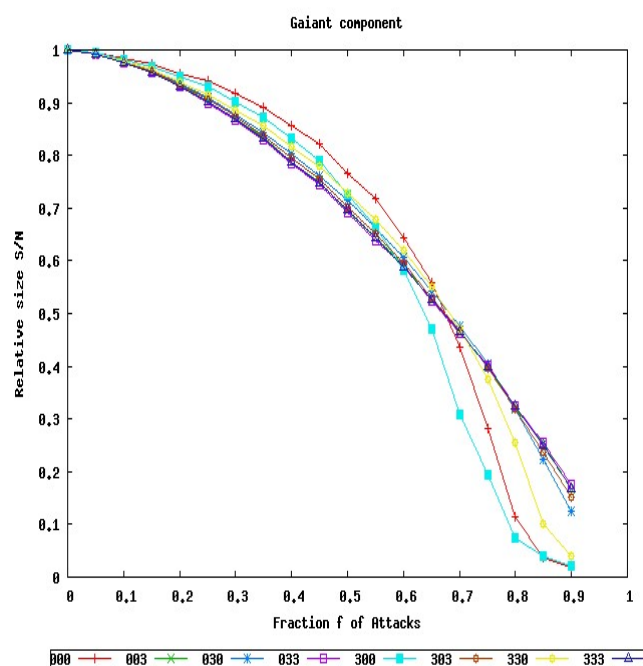


図 5-6. 岐阜地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

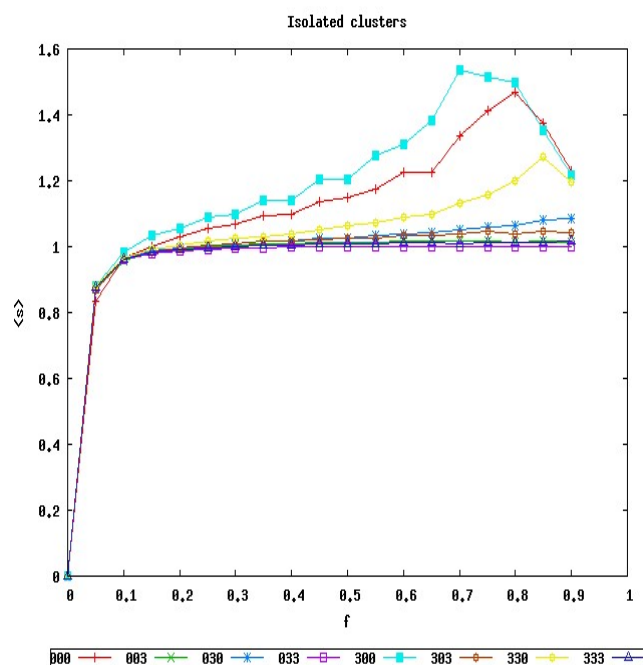


図 5-7. 岐阜地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

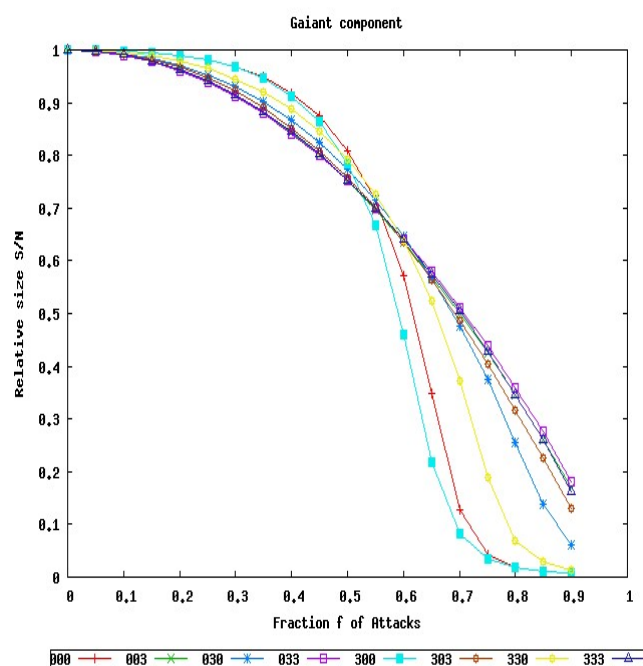


図 5-8. 岐阜地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

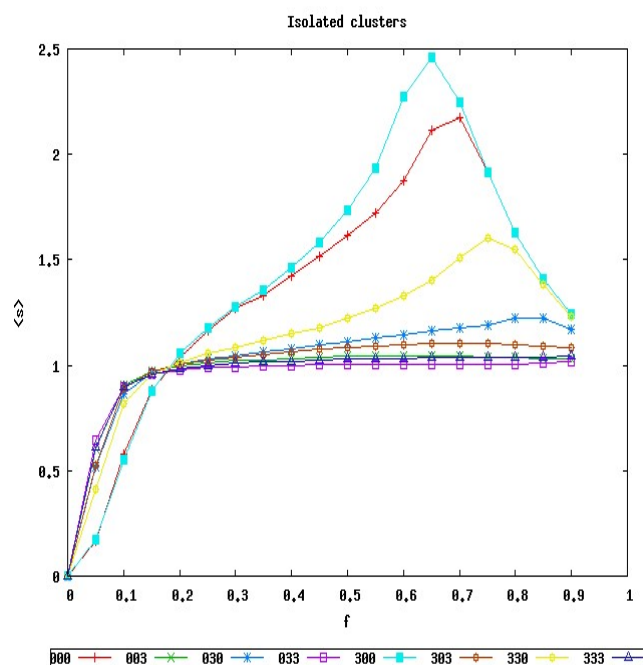


図 5-9. 石川地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

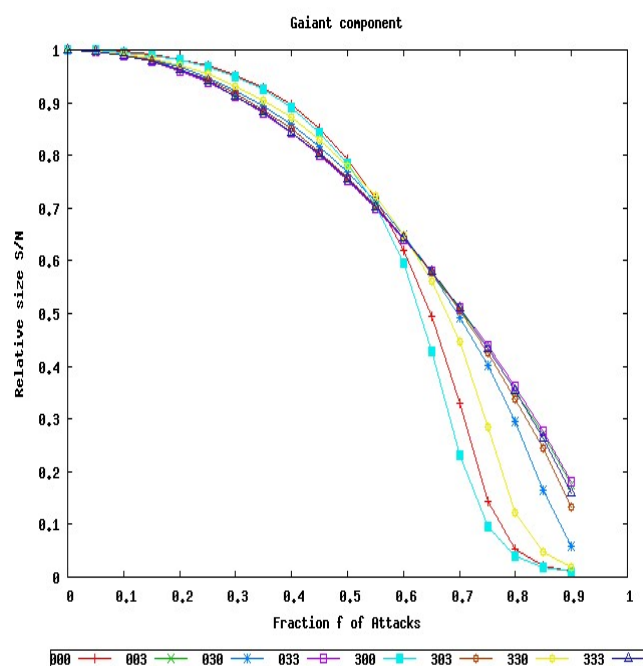


図 5-10. 石川地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

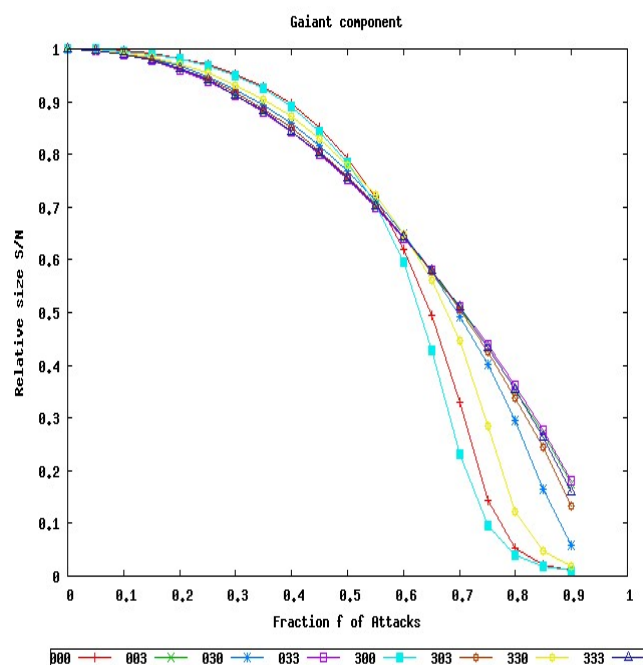


図 5-11. 石川地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

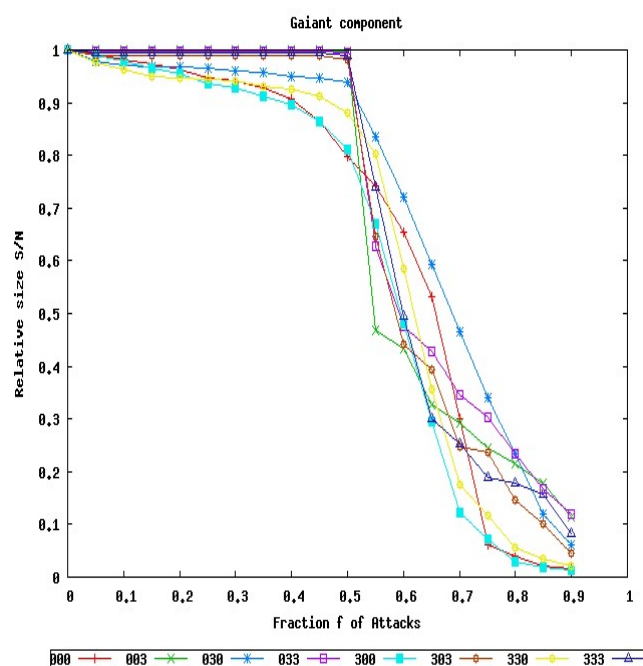


図 5-12. 石川地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

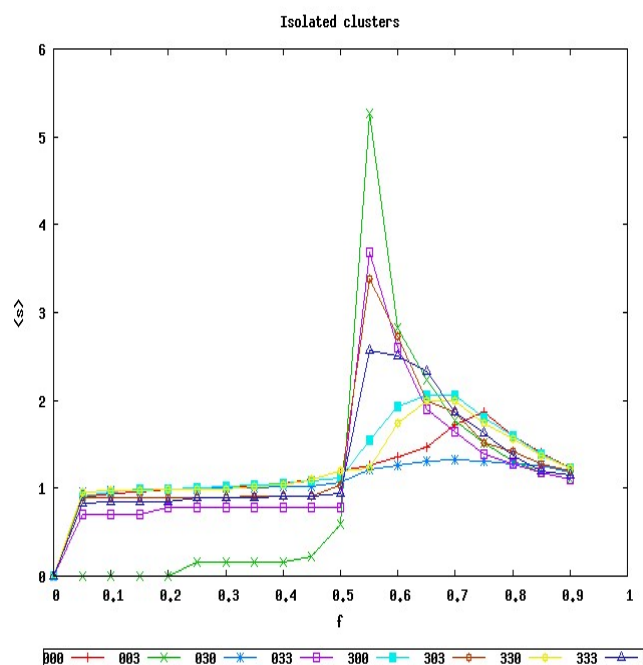


図 5-13. 石川地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

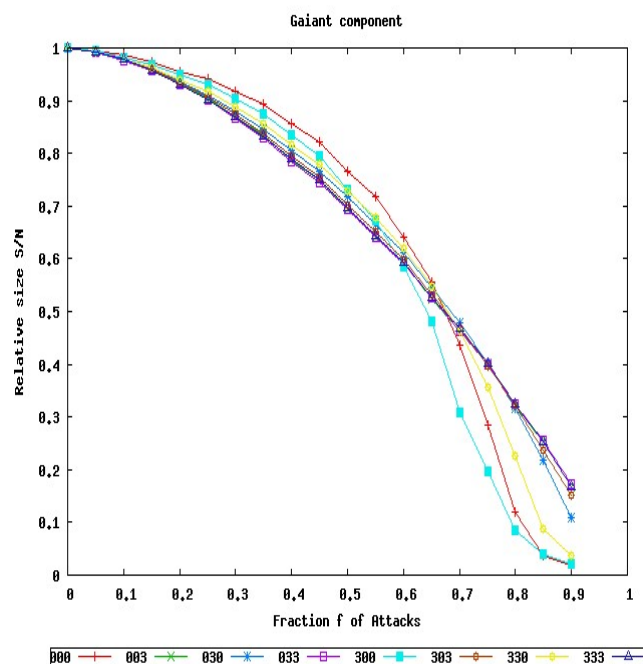


図 5-14. 石川地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

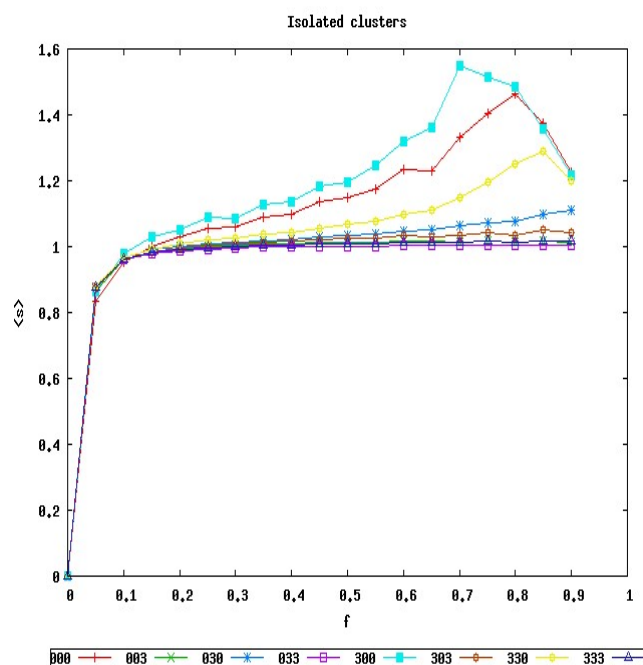


図 5-15. 石川地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

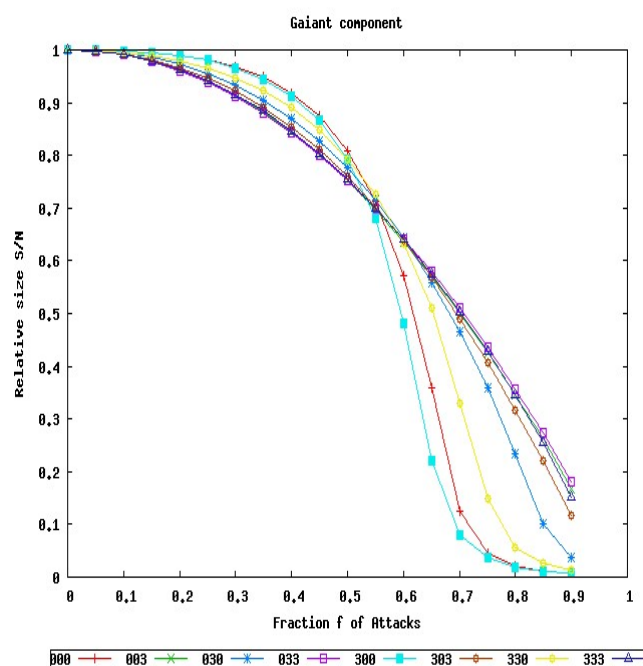


図 5-16. 石川地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

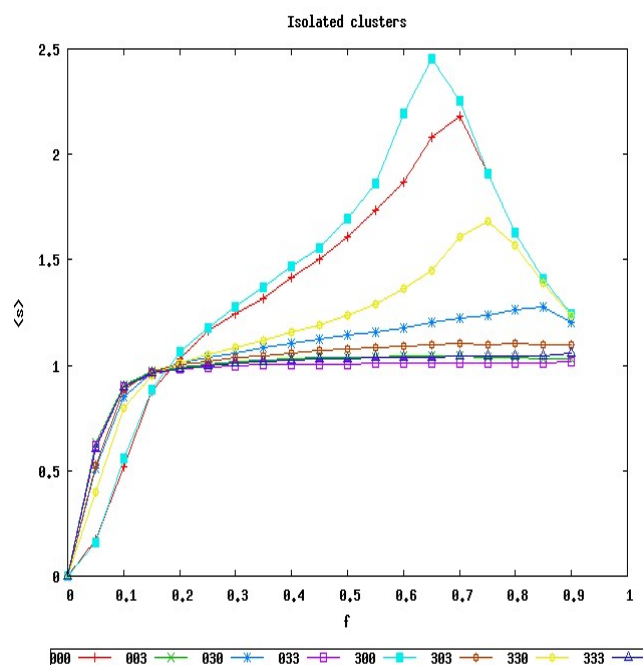


図 5-17. 京阪地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

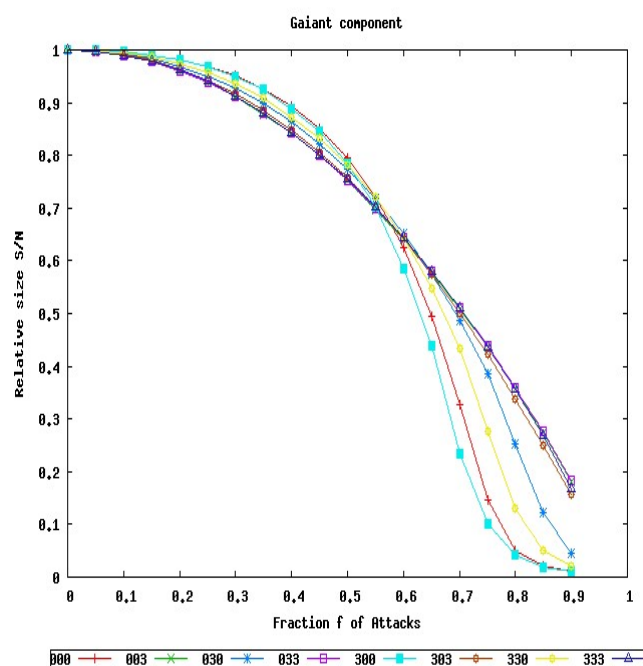


図 5-18. 京阪地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

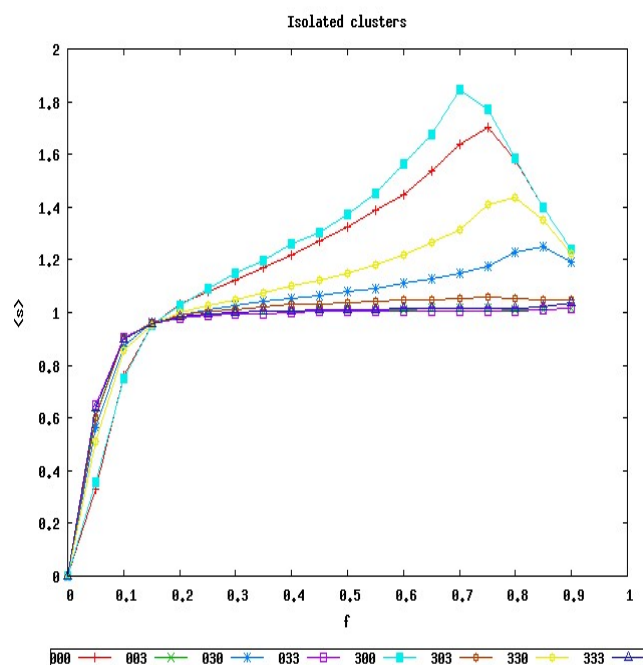


図 5-19. 京阪地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

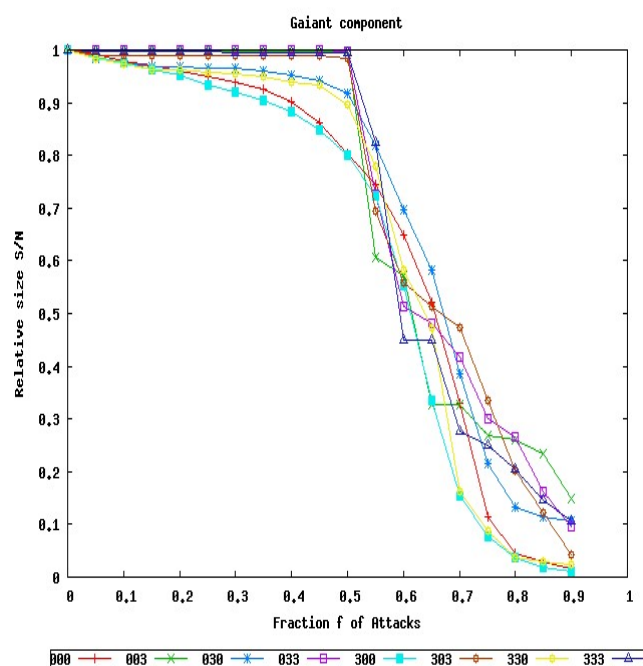


図 5-20. 京阪地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

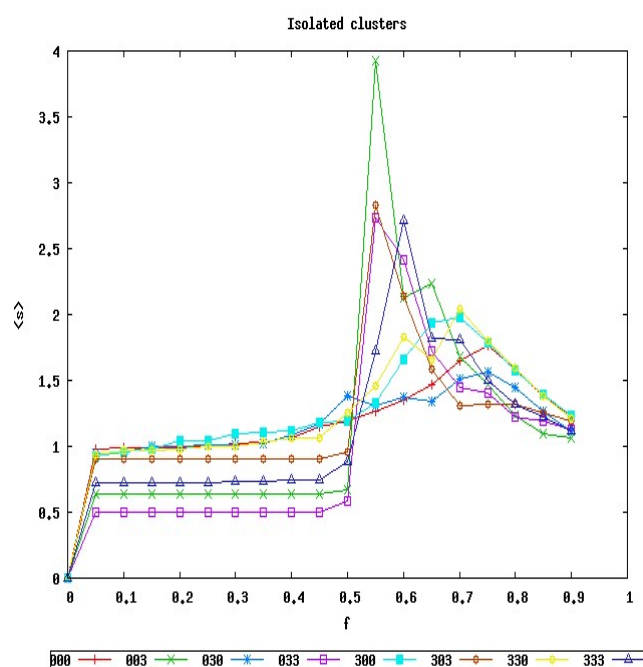


図 5-21. 京阪地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

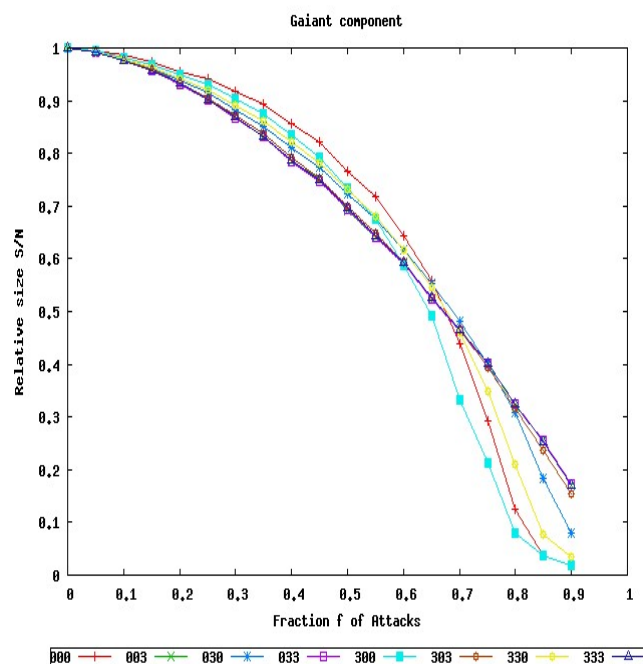


図 5-22. 京阪地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

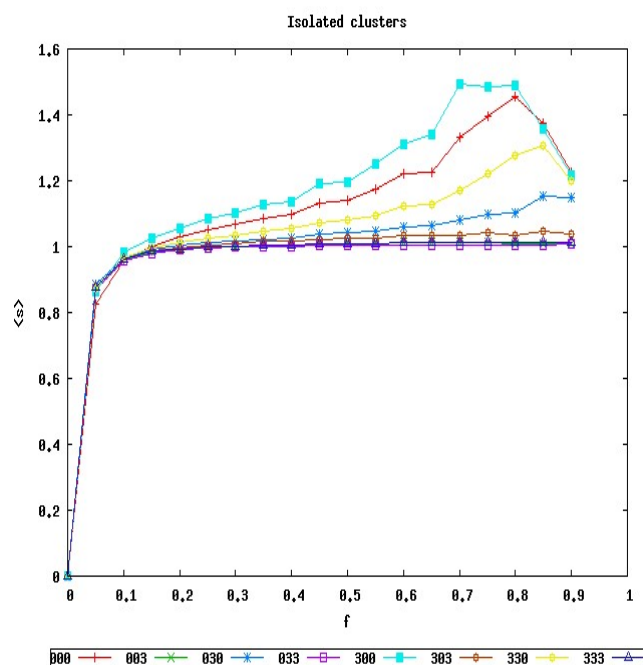


図 5-23. 京阪地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

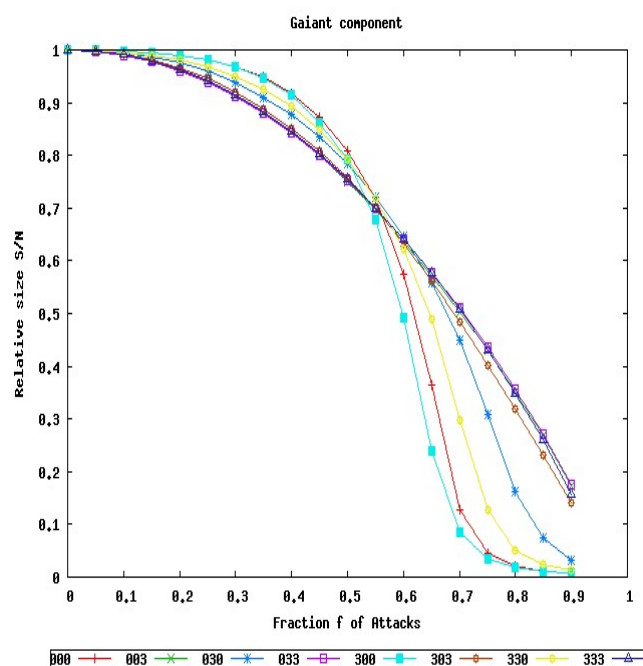


図 5-24. 京阪地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

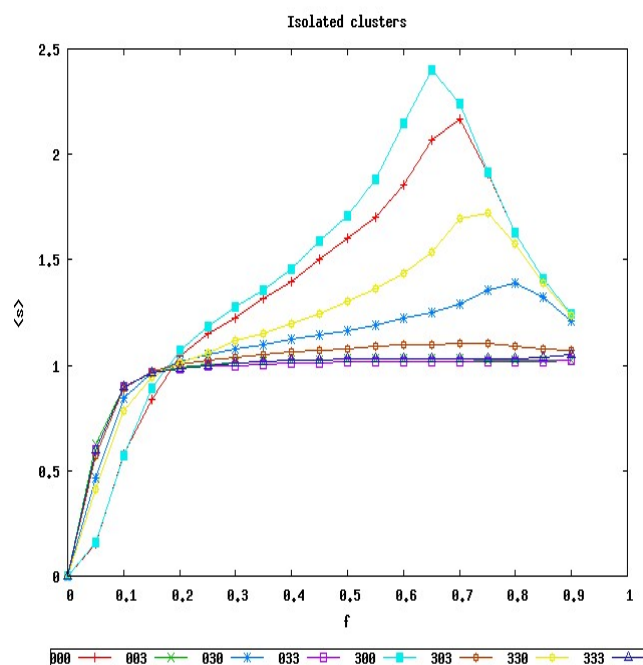


図 5-25. 名古屋地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

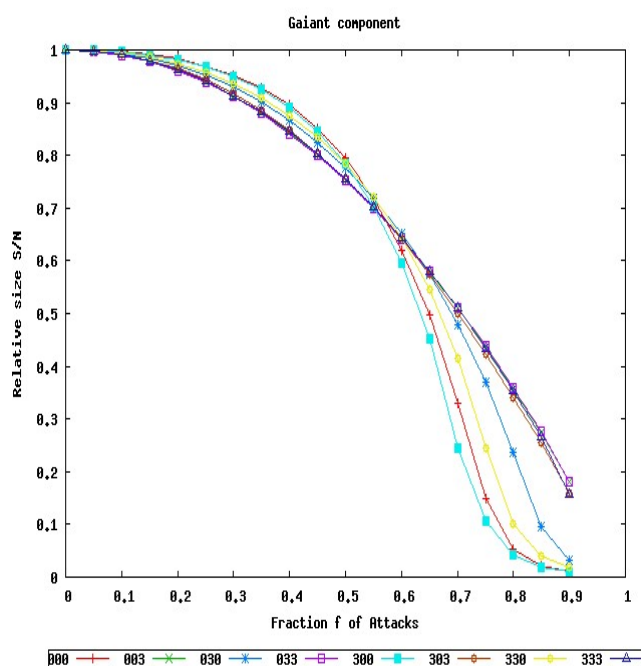


図 5-26. 名古屋地区 破壊方法 (a) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

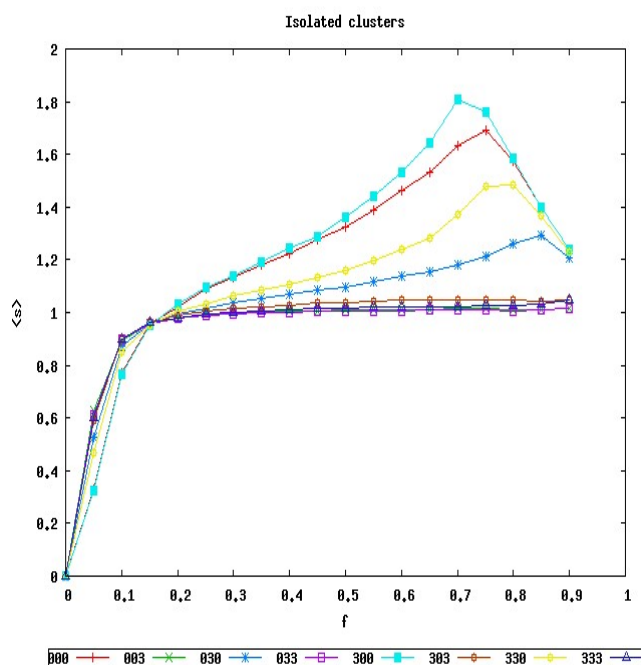


図 5-27. 名古屋地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

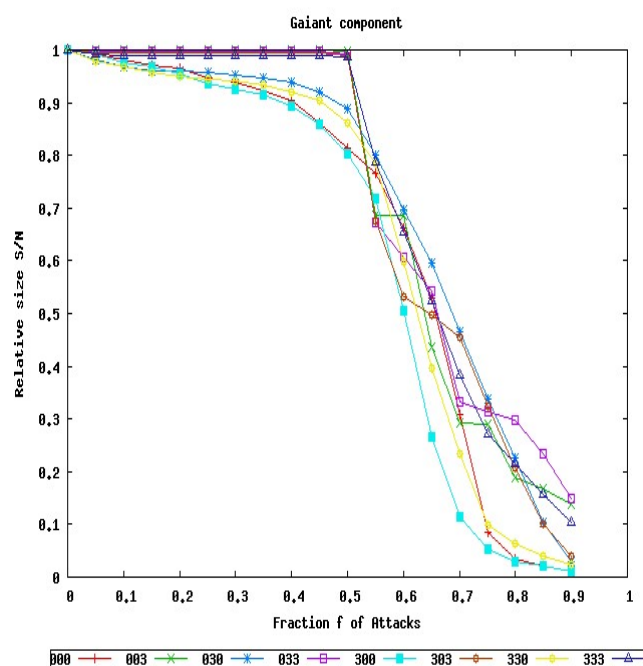


図 5-28. 名古屋地区 破壊方法 (b) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

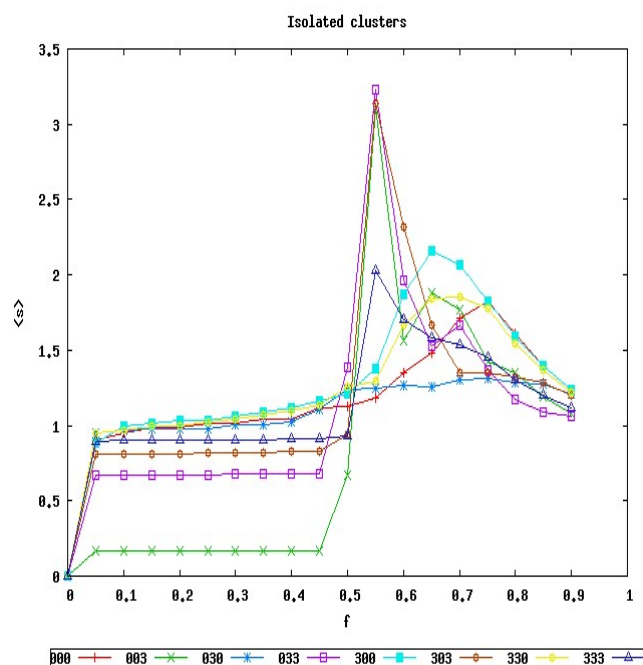


図 5-29. 名古屋地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

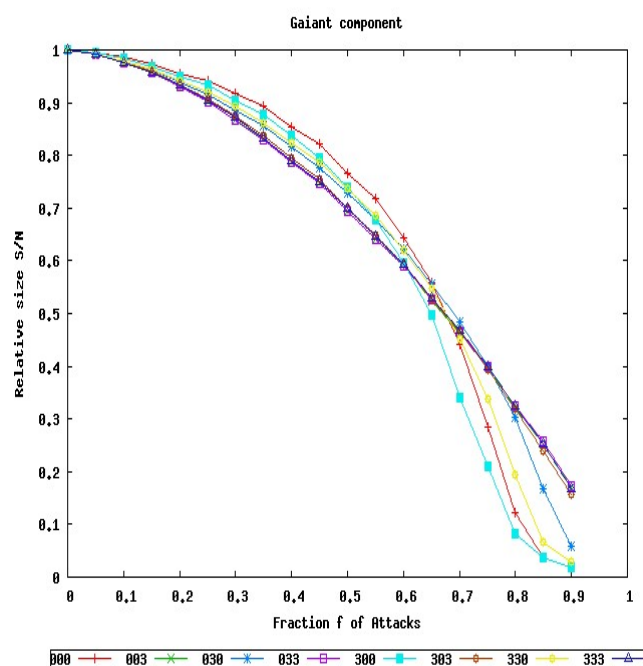


図 5-30. 名古屋地区 破壊方法 (c) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割

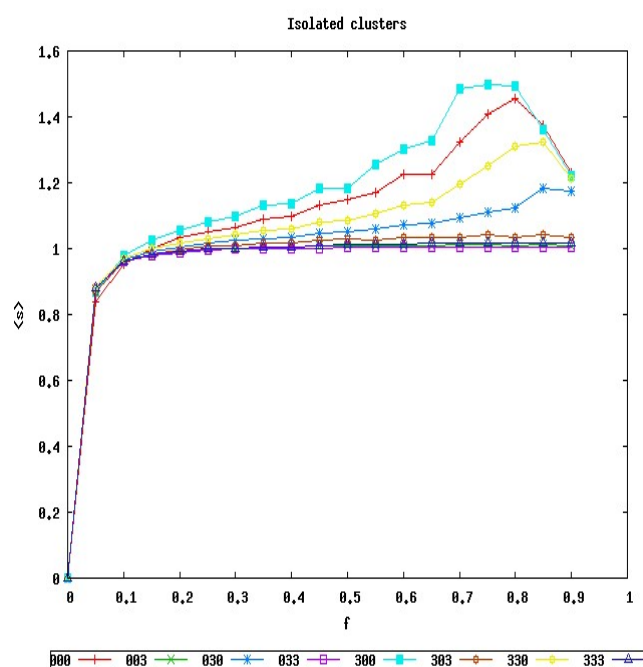


図 5-31. 名古屋地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 最大クラスタサイズ 四角分割

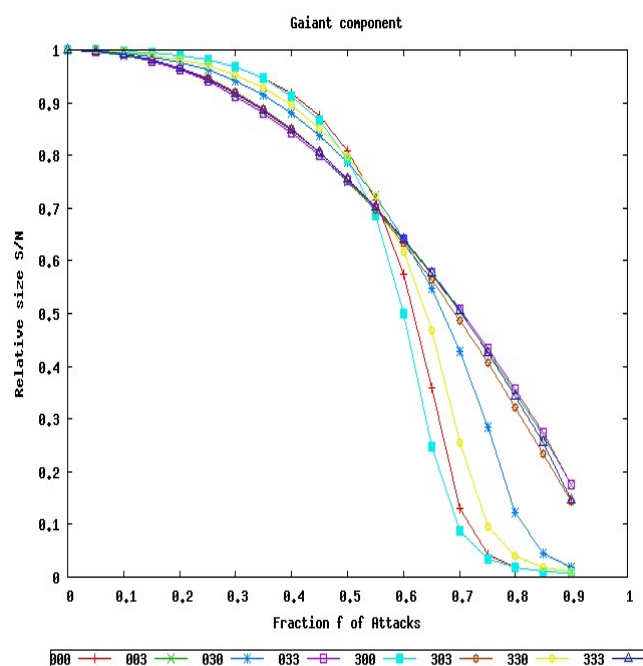
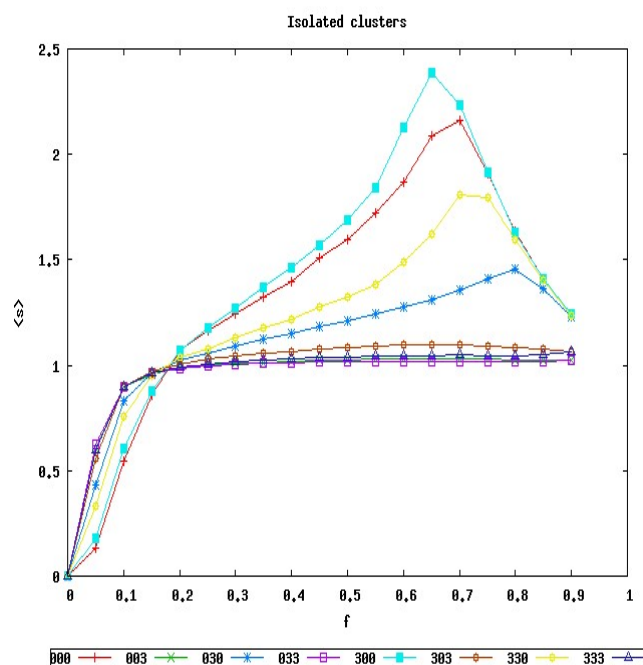


図 5-32. 名古屋地区 破壊方法 (d) リンク破壊率 vs. 平均クラスタサイズ 四角分割



<s>の最大値と破壊率の関係

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.7	0.8	0.7
003	0.9	0.55	0.75	0.65
030	0.85	0.8	0.9	0.85
033	0.9	0.55	0.9	0.9
300	0.7	0.65	0.7	0.65
303	0.9	0.55	0.85	0.7
330	0.8	0.65	0.85	0.75
333	0.9	0.55	0.9	0.9

表 5-1. 四角分割 岐阜地区の場合

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.75	0.8	0.7
003	0.9	0.55	0.75	0.6
030	0.85	0.7	0.9	0.85
033	0.9	0.55	0.75	0.9
300	0.7	0.65	0.7	0.65
303	0.9	0.55	0.85	0.7
330	0.8	0.65	0.85	0.75
333	0.9	0.55	0.9	0.9

表 5-2. 四角分割 石川地区の場合

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.75	0.8	0.7
003	0.9	0.55	0.75	0.55
030	0.85	0.75	0.85	0.8
033	0.9	0.55	0.9	0.9
300	0.7	0.7	0.7	0.65
303	0.75	0.55	0.85	0.7
330	0.8	0.7	0.85	0.75
333	0.9	0.6	0.85	0.9

表 5-3. 四角分割 京阪地区の場合

	(a)	(b)	(c)	(d)
000	0.75	0.75	0.8	0.7
003	0.9	0.55	0.75	0.65
030	0.85	0.75	0.85	0.8
033	0.9	0.55	0.75	0.9
300	0.7	0.65	0.75	0.65
303	0.7	0.55	0.85	0.6
330	0.8	0.7	0.85	0.7
333	0.9	0.55	0.9	0.9

表 5-4. 四角分割 名古屋地区の場合