

図 3 5分ごとの各選手のパスにかかわった回数を表したもの。色が白い方が多くパスを受けたり出したりしていて、濃い方がパスを行う回数が少ない。



図 4 それぞれ上段が 5 分間毎での三角形の数で、下段が攻撃機会の差を表したもの。棒グラフがプラスの時はイタリア、日本の攻撃機会の方が多く、マイナスの時にはフランスとガーナの攻撃機会が多いことを示します。そして濃い矢印はシュートまでいったもので薄い矢印はシュートまでは至らなかった攻撃機会を示します。

用語解説 2 ネットワーク理論

Königsberg にかかる 7 つの橋を、どの橋も一度しか通らないで 7 つ全部の橋を渡ることができるか。1736 年にその問題に明確な答えを出したのがオイラーで、その答えは不可能であるということでした。オイラーは 4 つの陸地を頂点 (vertex, node)、7 つの橋を辺 (edge, link) として図示し (図 5)、各頂点を持つ辺の数を次数 (degree) と呼び、頂点とその次数という構造によって機能が異なることを示し、これがグラフ理論の先駆けとなりました。

その後、ランダムに選ばれた二人をつなぐのは 6 人の知り合いさえあればよいという、6 次の隔たりといわれる小さな世界 (small world) が実証され、さらにこの小さな世界は、ワッツとストロガッツ (1998) によって、エルデシュとレーニイのランダム

一尚 憲 憲

Ⓐ

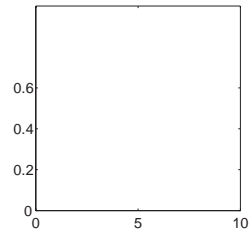


図 5 Königsberg の 7 つの橋問題とオイラーの解法

図 6 左が \log_2 を図にしたもので、右がその両対数をとったものです。

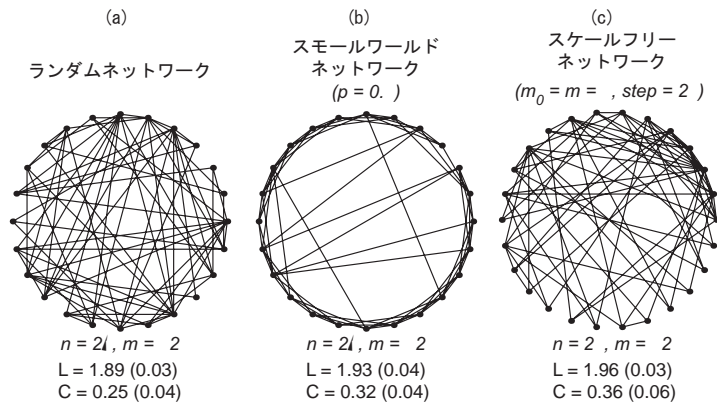


図 7 頂点と辺の数がそれぞれ $n = 24, m = 2$ の (a) ランダムグラフ, (b) スモールワールドと, $n = 26, m = 2$ の (c) スケールフリーネットワーク. 平均最短経路 (L) とクラスター係数 (C) はそれぞれ 100