

平成 27 年（2015 年）5 月 28 日

効率的なスパコン設計につながるグラフ発見を競うコンペ開催

～専門家以外でも「理想のスパコン」実現に貢献可能～

大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所（以下 NII、所長：喜連川 優、東京都千代田区）は 6 月 1 日より、スーパーコンピュータ（スパコン）などで使われている複雑なネットワーク構成を簡単なグラフにおきかえ、CPU チップ内および CPU チップ間のネットワークの効率的な設計につながる、より単純な構成のグラフの発見を競うコンペティション「グラフ ゴルフ」を開催します。応募は同コンペの専用ウェブサイト（<http://research.nii.ac.jp/graphgolf>）で受け付け、締め切りは本年 10 月 15 日。優れたグラフの発見者は 12 月に札幌市で開催されるコンピュータシステムとネットワーク技術に関する国際シンポジウム「CANDAR2015」（<http://is-candar.org/>）で表彰します。

最近のコンピュータは大規模で複雑になってきており、スパコンでは数百万のプロセッサコアが相互に接続されています。膨大な数のコアをいかに効率的に相互接続するかというネットワーク構成（ネットワークトポロジ）の設計は、スパコンの処理能力に大きく影響します。今回のコンペでは、このネットワークトポロジについて、コアを「頂点」、コアとコアをつなぐ配線を「辺」とみなしたグラフとしてモデル化。一つの頂点から最も離れた頂点までの「ホップ数」（経由した頂点 + 終点の頂点の合計数）、および、各頂点間のホップ数の平均値が最も小さいグラフの発見を競います。

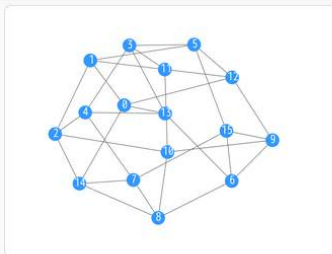
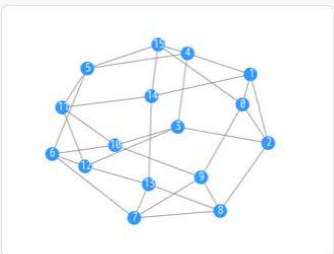
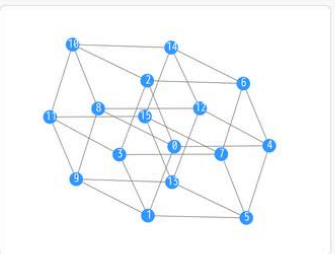
グラフの条件設定は複数あり、プログラミング不要で手描きで挑戦できるものもあります。このため、本来は専門家の領域であるネットワークトポロジの研究分野ではありますが、中高生などの若年層から気軽に参加でき、一般の方が理想的なスパコンの実現に直接貢献可能です。専門家以外にも本コンペを身近に感じていただき、より多くの方の参加につなげようと、本コンペを「グラフ ゴルフ」と名付けました。これは、信号がコアを一つひとつ経由して流れていく様を、ショットを一打ずつ積み重ねて最少打数を競うゴルフになぞらえた命名です。専用サイトでは、応募案の中で最も優れたグラフや自分が応募したグラフの順位を随時確認でき、ゲーム感覚でコンペを楽しむことができます。

本コンペは来年度以降も問題の条件設定を変えて継続し、グラフ（ネットワークトポロジ）のカタログを更新していくことで、学术界や産業界に貢献する予定です。

【問題】

グラフの中で最も離れた2頂点間の最短ホップ数を直径（Diameter）、すべての2頂点間のホップ数の平均値を平均パス長（Average Shortest Path Length = ASPL）と呼びます。指定された条件において、この直径と平均パス長が最も小さいグラフを発見することが、「グラフ ゴルフ」の問題です。

以下は頂点数（Order）が「16」、各頂点からの辺の数（Degree）が「4」で構成されたグラフの例です。この例では、直径、平均パス長ともに最も小さい左端のグラフが最も優れていることになります。

			
Graph			
	Diameter	3	3
ASPL	1.942	1.983	2.133

【条件設定】

今年の「グラフ ゴルフ」では、下記の「頂点数」と「頂点からの辺の数」の条件を任意に組み合わせたグラフを募集します。実システム設計で使われることの多い条件を中心に選んでおり、各年度で設定を更新していく予定です。

〈頂点数〉	16	64	256	4096	10000	
〈辺の数〉	3	4	16	23	60	64

ただし、「頂点数 64、辺の数 23」「頂点数 64、辺の数 60」「頂点数 256、辺の数 60」「頂点数 256、辺の数 64」の4条件は、すでに理論限界（*1）に等しいグラフが発見されている（*2）ため、コンペの対象外とします。

【コンピュータシステムのネットワークへの応用】

「グラフ ゴルフ」の成果は、スパコンや計算機プロセッサチップのネットワークトポロジ設計への直接的な利用が期待されています。近年、スパコンでは光リンクの利用により配線長の制約が緩くなり、任意のネットワークトポロジの採用が可能となっています。また、計算機プロセッサのチップ内ネットワークにおいても、1 クロックサイクルで伝搬可能な長い距離の配線を実現する方法が提案されているため、任意のネットワークトポロジの採用が可能となりつつあります。

以上

(*1) 「理論限界」： ある頂点から n ホップで到達可能な頂点の数は、各頂点のもつ辺の数の n 乗に比例する。この事実から求めた直径と平均パス長の下限値を理論限界 (Moore Bound) と呼ぶ。しかし、Moore Bound を満たす理想的なグラフはほとんど発見されていない。

(*2) 「理論限界に等しいグラフが発見されている」： これまでの研究成果から、各頂点間をランダムに接続した「ランダムグラフ」は直径と平均パス長が小さいことが知られている。以下は今回の「グラフ ゴルフ」の設定条件におけるランダムグラフの直径と平均パス長、および、その理論限界とのギャップの表。理論限界とのギャップが 0.00% の項目はランダムグラフが最適であることを示しており、この場合はこれ以上の改善はできない。

Degree d	Order n				
	16	64	256	4096	10000
3	5 / 2.45 11.36%	8 / 4.30 14.39%	11 / 6.13 9.61%	15 / 10.10 6.22%	16 / 11.37 5.56%
4	3 / 1.92 10.58%	5 / 3.15 10.40%	7 / 4.42 7.98%	10 / 6.92 6.90%	11 / 7.73 5.19%
16	N/A	3 / 1.75 0.45%	3 / 2.28 17.79%	5 / 3.32 11.07%	5 / 3.66 1.91%
23	N/A	2 / 1.63 0.00%	3 / 2.01 5.33%	4 / 2.93 2.24%	4 / 3.26 10.57%
60	N/A	2 / 1.05 0.00%	2 / 1.76 0.00%	3 / 2.40 13.72%	3 / 2.69 2.13%
64	N/A	N/A	2 / 1.75 0.00%	3 / 2.35 18.24%	3 / 2.66 2.78%
Legend: Diameter / Average shortest path length (ASPL) Gap from the lower bound of ASPL (%)					