

研究代表者	所属学系・職名 数理・情報学系 准教授 氏 名 笠 井 博 則
研究課題	グラフ・ネットワーク上の諸問題に対する離散解析学的アプローチとその応用 A discrete analysis on graphs and networks and its applications
成果の概要	<p>5名の共同研究で主に4つのテーマについて研究を行った。</p> <p><b>1) グラフ上の解析学とグラフ・ネットワーク上の“偏微分方程式”</b>      離散グラフ、特に <math>Z^N</math> における非線形解析の基礎となる関数不等式、および当該事実の応用が見込めそうな離散現象のモデルを考察した。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>Z^N</math> における Sobolev の不等式を導出した。<math>Z^N</math> には共型不変性はないものの、共型不変性を特徴づける臨界指数 <math>2N/(N-2)</math> が現れた。</li> <li><math>Z^N</math> における trace 不等式を導いた。Sobolev 不等式の場合と同様に、臨界指数 <math>2(N-1)/(N-2)</math> が現れた。</li> <li>上記二つの問題について、対応する変分問題に付随する最小化元が存在するかどうかを考察し、最小化元の存在を示唆するいくつかの結果を得た。</li> <li>ネットワークとの関連をもつ、距離入りグラフにおいて、頂点上ではグラフラプラシアンによる拡散、辺上では頂点上の値を境界条件とする次元拡散方程式に従う heatgraph と呼ぶべきものを定義し、可解性に関する基礎的な考察を行った。</li> </ol> <p><b>2) コミュニケーションチャンネルがグラフ構造をもつ協力ゲーム</b>      協力ゲームにおける、各プレイヤー間の提携の可能性が、コミュニケーション制約によって、制限を受ける場合、当然、提携によって得られる相補的効果（シナジー）の構造も変化を受ける。本研究を通して、定性的な意味で、提携によってもたらされる相補的な効果が保存される（失われない）コミュニケーション制約がどのようなものであるかを明らかにした。具体的には、コミュニケーションチャンネルが、サイクルコンプリートと呼ばれるグラフ構造をもつ場合、定性的な意味で相補的な互恵関係が保存されることを明らかにした。</p> <p><b>3) 拘束条件の下でのグラフの描画アルゴリズム</b>      平面グラフ <math>G</math> の描画で、<math>G</math> の各点が整数座標を持ち、<math>G</math> の各辺が互いに交差しない直線分として描かれ、各面が全て凸多角形で描かれる描画を <math>G</math> の格子凸描画という。本研究において、ある条件を持つ平面グラフ <math>G</math> は <math>6n \times n^2</math> の大きさの整数格子内に格子凸描画できることを証明するとともに、そのような描画を求める線形時間アルゴリズムを与えた。さらに、平面グラフの各面の面積ができるだけ均等な描画を求めるアルゴリズムを開発するとともに、様々なグラフに対するシミュレーションを行い、アルゴリズムの評価を行った。</p> <p><b>4) ネットワーク上のフロー最大化問題</b>      本研究では3つの成果を挙げた。1つ目は、整数の長さ関数をもつネットワーク内の最短路を見つける効率的な手法に関する研究を論文 [3] としてまとめた。2つ目は学会発表 [9] で、Edmonds-Karp の最大フローアルゴリズムを一般化した離散解析を行い、一般化最大フローを見つけるアルゴリズムを提案し、その応用例についても言及した。3つ目は依頼講演 [10] で、ネットワークフロー問題の効率的解法に頻繁に使われる Scaling 法を概説した。講演の中で、2013年6月、L.A.Vegh がこの手法を用いてこれまで30年以上未解決だった「一般化最大フロー問題に対する強多項式アルゴリズム」についても補足解説した。</p>

<p>成果の概要</p>	<p><b>研究成果</b> (論文)</p> <p>[1] K.Fujimoto, Cooperative game as non-additive measure, In Non-Additive Measures: Theory and Applications (Studies in Fuzziness and Soft Computing-Book 310-), V. Torra, et al. (Eds.), Springer, 2013. 11</p> <p>[2] 藤本勝成, 相補的協調関係を保存するコミュニケーション制約, 第24回ソフトウェアワークショップ講演論文集, 23-26, 2014. 3</p> <p>[3] Kazuyuki Miura, "Convex Grid Drawings of Plane Graphs with Pentagonal Contours," IEICE Trans. on Information and Systems, Vol.E97-D, No. 3, pp. 413-420 (2014).</p> <p>[4] Akira Nakayama, Tsutomu Anazawa, and Akitomo Takahashi: A new efficient scaling algorithm for finding shortest paths in a network with an integral length function (投稿準備中)</p> <p>(学会発表等)</p> <p>[5] Katsushige Fujimoto, k-Monotonicity-preserving restrictions in communication games, The 10th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (MDAI 2013), Barcelona, Spain, 2013. 11</p> <p>[6] 国分優地, 三浦一之, "力学モデルによる描画アルゴリズムの改良", 平成25年度電気関係学会東北支部連合大会, p. 173, (2013).</p> <p>[7] 今井純貴, 三浦一之, "平面グラフの面の大きさに着目した描画アルゴリズムのシミュレーション", 平成25年度電気関係学会東北支部連合大会, p. 174, (2013).</p> <p>[8] 三浦一之, "内部3連結グラフの外6角格子凸描画", Information Technology Letters (FIT2013), Vol. 1, No 1, pp. 127-128, (2013).</p> <p>[9] 今井純貴, 三浦一之, "平面グラフの面の面積を考慮した描画アルゴリズム", IPSJ Tohoku Branch SIG Technical Report, (2014).</p> <p>[10] Akira Nakayama and Tsutomu Anazawa: An extended Edmonds-Karp algorithm for a flow problem with gains and losses and its application, OR学会秋季研究会(徳島大, 平成25年9月11日)</p> <p>[11] 「ネットワークフロー問題における Scaling 法について」(電子情報通信学会東北支部の学術講演会, 2014年1月24日, 東北学院大学工学部(多賀城キャンパス)1号館3階第2会議室)</p>
--------------	--