建築分野における幾何的最適化及び幾何的データ分析アルゴリズムの開発

(課題番号　10680353)

正しい番号　13680412

平成１３年度～１５年度科学研究費補助金（基盤研究(C)(2)）
研究成果報告書

平成１６年３月

京都大学図書
1040945746
附属図書館

研究代表者　加　藤　直　樹
(京都大学工学研究科)

研究目的と成果

本研究報告書は，平成１０年度から１１年度にわたって実施した科学研究費補助金基盤研究(C)(2)「建築分野における幾何的最適化及び幾何的データ分析アルゴリズムの開発」の研究成果をまとめたものである。

建築学が対象とする建築物は三次元の幾何学的データであり，建築学では設計のためのCAD，視覚表現のためのCG(コンピュータグラフィックス)，構造計算において計算機が盛んに用いられている。本研究では、以下の具体的課題に対して、建築学の分野で生じる新しいタイプの幾何学的最適化及び幾何データの分析問題を効率的に解くアルゴリズムの開発をおこなった。具体的な研究テーマは以下に詳述する。

1. ドーム建築物などで生じる曲面を三角形トラスとして生成するための最適三角形メッシュ分割アルゴリズムの開発をおこなった。平面上の凸多角形領域の一様三角形メッシュ生成のアルゴリズムを, 球面のみならず回転面や線織面などできるだけ一般的な曲面に拡張して，三角形メッシュの性能を理論的に保証するアルゴリズムを開発した。スタイナー点の数が所与の場合，三角形メッシュとして現れる線分の長さの最大値と最小値の比が6以下, 辺の長さの下限値が所与の場合その比が2以下であることを理論的に証明することに成功した。また，上記の現れる線分の長さの最大値と最小値の比を保証しつつ, 対称な三角形メッシュを生成する方法についてもアルゴリズムを開発した。

2. 固有振動数や座屈荷重制約下での最小重量の建築構造物の設計のための最適化問題を定式化し，半正定値計画法にもとづく解を求める高速なアルゴリズムの開発をおこなった。また，与えられた問題の設計条件がある種の対称性を有する時，半正定値計画法によって得られる設計解は常に対称性を有することを理論的に明らかにした。また，いくつかの設計例を通して，解法の有効性も明らかにした。

3. 最適室配置問題に対して、室間の隣接関係を固定せずより優れた室配置を得るために、Sequence-Pairを用いた室配置パターン探索手法を提案した。遺伝的アルゴリズムを用いて複数の室配置パターンを保持しながら、優れた配置を求める手法で、建物形状を変化させながら, ユーザーの求めたい建物形状に近いものを出力できる特性を有し、0-1整数計画問題による通路配置, 線形計画問題による出入口配置をおこなっている。

4. 2次元デジタル画像のデジタルハーフトーニングへの応用のための、行列丸めの問題を数学的に定式化した。問題を点に重みのあるハイパーグラフ上の丸め誤差最小化問題として定式化し、完全単模なハイパーグラフのクラスに対しては、線形計画法や最小費用流アルゴリズムによる丸め誤差を最小にする効率的アルゴリズムを提案した。また、2×2の小行列からなる領域族に対しては、近似アルゴリズムを提案し、誤差に関する上限の解析をおこなった。また、提案アルゴリズムを実装し、従来手法との比較実験をおこなった結果、実用的にも優れた手法であることを確認した。またデジタルハーフトーニングに関連するいくつかの興味ある他の数学的問題を提起した。

5. 「人が建築空間を体験する際に空間のどのような特徴に注目して、建築空間に対する印象を知覚するのか」を明らかにすることを目標とし、建築内部空間画像が観察者に与える知覚イメージと画像から得られるローレベル特徴の相関関係を明らかにした。人々がどのような特徴情報に注目して、知覚イメージを得ているのかという点について、新しい知見を得た。

研究発表

1. 学会誌等

[1] Y. Kanno, M. Ohsaki and N. Katoh, Sequential semidefinite programmingfor optimization of framed structures under multimodal buckling constraints, International Journal of Structural Stability and Dynamics, Vol.1 ,No. 4 (2001) 585-602.

[2] Y. Kanno, M. Ohsaki and N. Katoh, Sequential semidefinite programming for optimization of framed structures under multimodal buckling constraints, International Journal of Structural Stability and Dynamics, Vol.1 ,No. 4 (2001) 585-602.

[3] Y. Kanno, M. Ohsaki, K. Murota and N. Katoh, Group Symmetry in Interior-Point Methods for Semidefinite Program, Optimization and Engineering, Vol.2 No.3, (2001), 293-320.

[4] Franz Aurenhammer, Naoki Katoh, Hiromichi Kojima, Makoto Ohsaki, and Yin-Feng Xu, Approximating Uniform Triangular Meshes in Polygons, *Theoretical Computer Science*, Vol. 289, No. 2, (2002) 879-895.

[5] Y. Kanno, M. Ohsaki and N. Katoh: Symmetricity of the solution of semidefinite program, Struct. Multidisc. Optim., Vol. 24, pp. 225-232, 2002.

[6] N. Katoh and T. Tokuyama, On K-levels of concave surfaces, *Discrete & Computational Geometry*, Vol.27, (2002) 567-584.

[7] 藤原 淳，大崎 純，水谷 太朗，北折 智規，加藤 直樹，細澤 治，ケーブル補強骨組構造物の完成時張力および施工順序最適化，日本建築学会構造系論文集，No.556, pp.101-107，2002年6月

[8] Parametric polymatroid optimization and its geometric applications Katoh N., Tamaki H., Tokuyama T., Int. J. of Computational Geometry & Applications, 12 (5): 429-443, 2002.

[9] T. Asano, N. Katoh, K. Obokata, T. Tokuyama: Matrix rounding under the Lp-discrepancy measure and its application to digital halftoning. *SIAM J. Computing*, Vol.32, No.6, 1423 - 1435, 2003.

[10] 宮高泰匡，加藤直樹，藤沢克樹，ウェーブレット解析手法を用いた建築内部空間画像と知覚イメージの相関関係の分析，日本建築学会環境系論文集, No.568 (2003), pp. 133–140.

[11] 浅野寛治, 加藤直樹, 吉村茂久, Sequence-Pair に基づく室・通路・出入口配置最適化手法: 数理計画法と遺伝的アルゴリズムの融合による優良解探索, 日本建築学会計画系論文集, No.572 (2003), pp.209-216.

2. 国際会議等

[1] Naoki Katoh, Hiromichi Kojima and Ryo Taniguchi, Approximating Uniform Triangular Meshes on Spheres, Proc. of JCDCG 2000, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) Vol. 2098, pp.192-204, Springer-Verlag, Berlin, 2001.

[2] Naoki Katoh and Takeshi Tokuyama, Notes on computing peaks in k-levels and parametric spanning trees, Proc. of 17th ACM Symposium on Computational Geometry, 2001. 241-248.

[3] T. Asano, N. Katoh, K. Obokata and T. Tokuyama, Matrix Rounding under the L_p-Discrepancy Measure and Its Application to Digital Halftoning, *Proc. of 13th ACM/SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, 896-904, 2002.

[4]T. Asano, N. Katoh, K. Obokata and T. Tokuyama, Combinatorial and Geometric Problems Related to Digital Halftoning, Proc. of 11th Int. Workshop on Theoretical Foundations of Computer Vision, Dagstuhl Castle, Germany, LNCS 2616, pp.58-71, 2003.

3. 書籍・解説等

[1] 加藤直樹，大崎純，谷 明勲,「建築システム論」，共立出版，2002.

[2] 加藤直樹、建築における最適化、システム制御情報学会誌, Vol.47 No.6, pp.290-295, 2003.

目次

N. Katoh, H. Kojima and R. Taniguchi, Approximating Uniform Triangular Meshes on Spheres 6

藤原 淳，大崎 純，水谷 太朗，北折 智規，加藤 直樹，細澤 治，ケーブル補強骨組構造物の完成時張力および施工順序最適化 19

Y. Kanno, M. Ohsaki, K. Murota and N. Katoh, Group Symmetry in Interior-Point Methods for Semidefinite Program 26

Katsuki Fujisawa, 浅野寛治, 加藤直樹, 吉村茂久, Sequence-Pair に基づく室・通路・出入口配置最適化手法 44

Asano, N. Katoh, K. Obokata, T. Tokuyama: Matrix rounding under the Lp-discrepancy measure and its application to digital halftoning 52

宮高泰匡，加藤直樹，藤沢克樹，ウェーブレット解析手法を用いた建築内部空間画像と知覚イメージの相関関係の分析 65

N. Katoh and T. Tokuyama, On K-levels of concave surfaces 73

加藤直樹、建築における最適化 91

N. Katoh, H. Tamaki and T. Tokuyama, Parametric Polymatroid Optimization and Its Geometric Applications 97