

# 琉球大学学術リポジトリ

## 離散幾何の総合的研究

メタデータ	<p>言語:</p> <p>出版者: 前原潤</p> <p>公開日: 2009-03-23</p> <p>キーワード (Ja): フレームワーク, 整数距離表現, 球の接触パターン, ランダム・トナメント, 破産問題</p> <p>キーワード (En): framework, integral distance representation, Contact pattarn of spheres, random tournament, ruin problem</p> <p>作成者: 前原, 潤, 徳重, 典英, 小関, 道夫, 加納, 幹雄, 榎本, 彦衛, 伊藤, 栄明, Maehara, Hiroshi, Tokushige, Norihide, Ozeki, Michio, Kano, Mikio, Enomoto, Hikoe, Itoh, Yoshiaki</p> <p>メールアドレス:</p> <p>所属:</p>
URL	<p><a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/9348">http://hdl.handle.net/20.500.12000/9348</a></p>

# 離散幾何の総合的研究

08304019

平成8年度～平成9年度科学研究費補助金(基盤研究(A)(1))  
研究成果報告書

平成10年3月

研究代表者 前原 闊  
(琉球大学教育学部教授)

## 1 はしがき

コンピュータによる情報処理が進むにつれて、幾何学的な問題を計算機で扱う必要が生じ、計算幾何学と呼ばれる分野が誕生した。その結果、基礎研究としての離散幾何学において、解決を待たれる問題が数多く生じている。本研究では、離散幾何学に関する未解決問題、例えば、有限点集合をユークリッド空間へ埋め込むときの最小次元の問題、フレームワークの剛性の問題、グラフの平面への直線埋め込みに関連する問題、球面や円板の族の接触パターンに関する問題、整数距離、有理数距離の点集合に関する問題、多面体的曲面を裏返す問題など、広範囲にわたる離散幾何の問題を、グループ内での討議を通して同時進行で解決することを目的とした。それによって、孤立した結果を集積するのではなく、離散幾何の総合的、かつ有機的な発展を目指したのである。研究成果のリストや、あとで少し詳しく述べる研究成果の概要からわかるように、この目的はほぼ達成されたといつてよい。

### 1.1 研究組織

研究代表者：前原 闊 (琉球大学教育学部教授)  
研究分担者：小関道夫 (山形大学理学部教授)  
研究分担者：浅野哲夫 (北陸先端科学技術大学院大学教授)  
研究分担者：加納幹雄 (茨城大学工学部教授)  
研究分担者：安藤 清 (電気通信大学助教授)  
研究分担者：江川嘉美 (東京理科大学理学部助教授)  
研究分担者：今井 浩 (東京大学理学系研究科助教授)  
研究分担者：伊藤栄明 (統計数理研究所教授)  
研究分担者：金子 篤 (工学院大学工学部助教授)  
研究分担者：斎藤 明 (日本大学文理学部助教授)  
研究分担者：種村正美 (統計数理研究所教授)  
研究分担者：榎本彦衛 (慶応大学理工学部教授)  
研究分担者：根上生也 (横浜国立大学教育人間科学部助教授)  
研究分担者：太田克弘 (慶応大学理工学部助教授)  
研究分担者：土屋守正 (東海大学理学部助教授)  
研究分担者：田沢新成 (近畿大学理工学部教授)  
研究分担者：潮 和彦 (近畿大学理工学部教授)  
研究分担者：浅野考平 (関西学院大学理学部助教授)  
研究分担者：渡辺 守 (倉敷芸術科学大学教授)  
研究分担者：徳重典英 (琉球大学教育学部助教授)

### 1.2 研究経費

平成8年度	3,600千円
平成9年度	3,600千円
計	7,200千円

### 1.3 研究発表

#### (1) 学会誌等

- H.Maehara, *On  $\sqrt{Q}$ -distances*, European J. Combinatorics 17(1996) 341-344
- H.Maehara, N.Tokushige, *A spatial unit-bar-framework which is rigid and triangle-free*, Graphs and Combinatorics 12(1996) 341-344
- A.Higa, H.Maehara, *An intuitive proof of Jordan-Brouwer separation theorem*, Ryukyu Mathematical Journal 9(1996) 1-4
- H.Maehara, K.Ota, N.Tokushige, *Every graph is an integral distance graph in the plane*, J. Combin. Theory (A) 80(1997) 290-294
- H.Maehara, M.Matsumoto, *Is there a circle that passes through a given number of lattice points?*, European J. Combinatorics, to appear
- H.Maehara, H.Noha, *On graphs represented by a family of balls on a table*, Ryukyu Mathematical Journal, to appear
- H.Maehara, *Embedding a set of rational points in lower dimensions*, Discrete Math., to appear
- H.Maehara, *A minimal rigid graph in the plane that is not constructible by ruler and compass*, Yokohama Mathematical Journal, to appear
- H.Maehara, *Can a convex polyhedron have a developable face-cycle?*, Proc. FJ96, to appear
- H.Maehara, N.Tokushige, *When does a planar bipartite framework admit a continuous deformation?*, Proc. FJ97, submitted
- E.Bannai, M.Ozeki, *Construction of Jacobi forms from certain combinatorial polynomials*, Proc. Japan Academy, Ser. A, Vol.72 (1996)12-15
- E.Bannai, M.Minashima, M.Ozeki, *On Jacobi forms of weight 4*, Kyushu Mathematical Journal Vol. 50 (1996) 335-370
- M.Ozeki, *On the notion of Jacobi polynomials for codes*, Mathematical Proc. of Cambridge Philos. Soc. Vol.121 (1997) 15-30
- M.Ozeki, *Determination of covering radii and coset weight distributions of doubly even extremal binary self-dual codes of length 40*, to appear in Theoretical Computer Science
- M.Ozeki, *On the covering radius problem for ternary self-dual codes*, submitted to a Journal (1997)
- T.Asano and N.Katoh, *Variants for Hough Transform for Line Detection*, Computational Geometry: Theory and Applications, vol. 6, pp.231-252 (1996)
- T.Asano, D.Ranjan and T.Roos, *Digital Halftoning Algorithms Based on Optimization Criteria and Their Experimental Evaluation*, IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E79-A, No. 4, pp.524-532, April 1996.

- T.Roos, T.Asano, D.Ranjan, E.Welzl, and P.Widmayer, *Space Filling Curves and Their Use in the Design of Geometric Data Structures*, Theoretical Computer Science, 181, pp.3-15, 1997.
- T.Asano, N.Katoh, and T.Tokuyama, *A Unified Scheme for Detecting Fundamental Curves in Binary Edge Images*, submitted to Computational Geometry: Theory and Applications.
- T.Asano, D.Z.Chen, N.Katoh, and T.Tokuyama, *Polynomial-time Solutions to Image Segmentation*, Proc. of the 7th Annual SIAM-ACM Conference on Discrete Algorithms, pp.104-113, Atlanta, Jan. 1996.
- T.Asano, D.Kirkpatrick and C.K.Yap, *d1-optimal motion for a rod*, Proc. 12th ACMSymp. on Computational Geometry, pp.252-263, Philadelphia, May 1996.
- T.Asano, *Space-Efficient Algorithm for Image Segmentation*, Proc. Korea-Japan Joint Workshop on Algorithms and Computation, pp.59-66, August, 1996.
- T.Asano, N.Katoh, T.Tokuyama, and H.Tmaki, *Covering Points in the plane by k-tours: towards a polynomial time approximation scheme for general k*, Proc. 29th ACMSymp. on Theory of Computing, pp.275-283, EL Paso, May 1997.
- A. Kaneko and M. Kano, *A straight-line embedding of two rooted trees in the plane*, submitted.
- A. Kaneko and M. Kano, *Straight line embeddings of star forests in the plane*, submitted.
- A. Kaneko and M. Kano, *A balanced partition of points in the plane and tree embedding problems*, submitted.
- M.Kano and H.Matsuda, *Some results on (1,f)-odd factors*, Proceedings of the eighth ququadrennial international conference on graph theory, combinatorics, algorithms and applications. to appear.
- M.Kano, *A straight-line embedding of two or more rooted trees in the plane*, Proceedings of The ninth Canadian Conference on Computational Geometry, (1997) 50-55.
- K.Ando, A.Kaneko and S.V.Gervacio, *The bandwidth of a tree with k-leaves is at most k/2*, Discrete Math. 150(1996) 403-406
- K.Ando and A.Kaneko, *A Remark on the Connectivity of the Complement of a 3-connected Graph*, Discrete Math. 151(1996) 39-47
- K.Ando and Y.Egawa, *The minimum number of edges in a vertex diameter-2-critical graph*, Discrete Math. 167/168(1997) 35-63
- K.Ando and H.Komuro, *The seven graphs whose H-transformations are uniquely determined*, Ars Combinatorica, 46(1997) 305-318
- K.Ando and Y.Egawa, *The number of edges in a graph with edge version wide-diameter 2 or 3*, Proc. Eighth International Conference on Graph Theory, Combinatorics, Algorithms and Applications, to appear

- K.Ando, H.Komuro and A.Nakamoto, *Quadrangulations with minimum degree three*, Discrete Math. submitted
- K.Ando and A.Nakamoto, *Quadrangulations of closed surfaces covered by vertices of degree 2, 3, and 4*, J. Combinatorial Theory (B), submitted
- Y.Egawa, G.Chen, X.Liu, A.Saito, *Essential independent sets and hamiltonian cycles*, J. Graph Theory 21 (1996) 243 - 250.
- Y.Egawa, *Vertex disjoint cycles of the same-length*, J. Combin. Theory B 66(1996) 168-200
- Y.Egawa, M.Kano, *Sufficient conditions for graphs to have  $(g,f)$ -factors*, Discrete Math. 167/168(1997) 35-63
- Y.Egawa, *Contractible cycles in graphs with large minimum degree*, Discrete Math. 171(1997) 103-119
- Y.Egawa, M.Kano, A.K.Kelmans, *Star partitions of graphs*, J.Graph Theory 25(1997) 185-190
- Y.Egawa, *Graph labelings in elementary abelian 2-groups*, Tokyo J.Math. 20(1997) 365-379
- Y.Egawa, K.Inoue, *Radius of  $(2k-1)$ -connected graphs*, Ars. Combin. to appear
- Y.Egawa, M.Miyamoto, *Graph labelings in Boolean lattice*, Ars. Combin. to appear
- Y.Egawa, *Contractible cycles in graphs with girth at least 5*, preprint
- Y.Egawa, K.Inoue, *Nonseparating cycles consisting of contractible edges*, preprint
- Y.Egawa, K.Ota, *vertex-disjoint claws in graphs*, preprint
- Y. Dai, H. Imai, K. Iwano, N. Katoh, K. Ohtsuka and N. Yoshimura, *A New Unifying Heuristic Algorithm for the Undirected Minimum Cut Problems Using Minimum Range Cut Algorithms*, Discrete Applied Mathematics, Vol.65, No.1-3 (1996), pp.167-190.
- H. Imai, K. Sekine and K. Yoshida, *Binary Decision Diagrams and Generating Functions of Sets Related to Graphs and Codes* Proceedings of the 9th IEICE Karuizawa Workshop on Circuits and Systems, April 1996, pp.91-96.
- T. Masada, H. Imai and K. Imai, *Enumeration of Regular Triangulations*, Proceedings of the 12th Annual ACM Symposium on Computational Geometry, 1996, pp.224-233.
- M. Inaba, H. Imai and N. Katoh, *Experimental Results of Randomized Clustering Algorithm*, Proceedings of the 12th Annual ACM Symposium on Computational Geometry, 1996, pp.C1-C2.
- T. Ono, Y. Kyoda, T. Masada, K. Hayase, T. Shibuya, M. Nakade, M. Inaba, H. Imai, K. Imai and D. Avis, *A Package for Triangulations*, Proceedings of the 12th Annual ACM Symposium on Computational Geometry, 1996, pp.V17-V18.

- H. Imai, S. Iwata, K. Sekine and K. Yoshida, *Combinatorial and Geometric Approaches to Counting Problems on Linear Matroids, Graphic Arrangements and Partial Orders*, Proceedings of the 2nd Annual International Computing and Combinatorics Conference (COCOON'96), Hong Kong, Lecture Notes in Computer Science, Vol.1090, Springer-Verlag, 1996, pp.68-80.
- 丹羽純平, 定兼邦彦, 早瀬千善, 今井浩, "単調関数の OBDD のトップダウン構成の並列実装", 並列処理シンポジウム論文集 (JSPP'96), IPSJ, 1996, pp.161-168.
- K. Hayase and H. Imai, *OBDDs of a Monotone Function and of Its Prime Implicants*, ISAAC'96, Lecture Notes in Computer Science, Vol.1178, 1996, pp.136-145.
- T. Shibuya and H. Imai, *Parametric Alignment of Multiple Biological Sequences* Proceedings of Genome Informatics Workshop 1996, 1996, pp.41-50.
- H. Imai and M. Inaba: Geometric Clustering with Applications, *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik (ZAMM)*, Vol.76, Suppl. (1996), pp.183-186.
- T. Masada, K. Imai and H. Imai, *Enumeration of Regular Triangulations with Computational Results*, *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik (ZAMM)*, Vol.76, Suppl. (1996), pp.187-190.
- T. Shibuya, H. Imai, S. Nishimura, H. Shimoura and K. Tenmoku, *Detour Queries in Geographical Databases for Navigation and Related Algorithm Animations*, Proceedings of the International Symposium on Cooperative Database Systems for Advanced Applications, December 5-7, 1996, Kyoto, World Scientific, 1997, pp.246-253.
- T. Shibuya and H. Imai, *Enumerating Suboptimal Alignments of Multiple Biological Sequences Efficiently*, Proceedings of the Pacific Symposium on Biocomputing, 1997, pp.409-420.
- K. Sekine and H. Imai, *Counting the Number of Paths in a Graph via BDDs*, IEICE Transactions on Fundamentals, Vol.E80-A, No.4 (1997), pp.682-688.
- M. Inaba, H. Imai, M. Nakade, and T. Sekiguchi, *Application of an Effective Geometric Clustering Method to the Color Quantization Problem*, Proceedings of the 13th ACM Symposium on Computational Geometry, 1997, pp.477-478.
- K. Onishi and H. Imai, *Voronoi Diagram in Statistical Parametric Space by Kullback-Leibler Divergence* Proceedings of the 13th ACM Symposium on Computational Geometry, 1997, pp.463-465.
- K. Onishi and H. Imai, *Voronoi Diagrams for an Exponential Family of Probability Distributions in Information Geometry*, Japan-Korea Joint Workshop on Algorithms and Computation, Fukuoka, 1997, pp.1-8.
- F. Takeuchi and H. Imai, *Enumerating Triangulations for Products of Two Simplices and for Arbitrary Configurations of Points*, Proceedings of the 3rd International Computing and Combinatorics Computing Conference (COCOON'97), Lecture Notes in Computer Science, Vol.1276, 1997, pp.470-481.

- H. Imai, K. Sekine and K. Imai, *Network Reliability Computation — Theory and Practice*, Proceedings of the IPSJ International Symposium on Information Systems and Technologies for Network Society, World Scientific, 1997, pp.41–48.
- T. Shibuya and H. Imai, *New Flexible Approaches for Multiple Sequence Alignment*, Journal of Computational Biology, Vol.4, No.3, 1997, pp.385–413.
- K. Doi and H. Imai, *Greedy Algorithms for Finding a Small Set of Primers Satisfying Cover Length Resolution Conditions in PCR Experiments*, Proceedings of the 8th Workshop on Genome Informatics, 1997, pp.43–52.
- T. Ikeda and H. Imai, *Enhanced A\* Algorithms for Multiple Alignments: Optimal Alignments for Several Sequences and k-Opt Approximate Alignments for Large Cases*, Theoretical Computer Science, in press.
- K. Hayase and H. Imai, *OBDDs of a Monotone Function and of Its Prime Implicants*, Theory of Computing Systems, in press.
- Tainaka K. and Itoh Y, *Apparent self-organized criticality*, Physics Letters A 220 (1996) 58–62.
- Tainaka K. and Itoh Y, *Glass Effect in Inbreeding-Avoidance Systems: Minimum Viable Population for Outbreeders*, Journal of the Physical Society of Japan, Vol.65 (1996) 3379–3385.
- Itoh Y, *Addendum to Stochastic Model of an Integrable Nonlinear System*, Journal of the Physical Society of Japan, Vol.65, No.12 (1996) 4097–4097.
- Itoh Y. and Maehara H, *A variation to the ruin problem*, Mathematica Japonica, Vol. 47 (1998) 97–102.
- 藤原美也子, 伊藤栄明, 松本 生, 武田弘, ”無機結晶データベース (ICSD) を用いた結晶群の出現頻度 III”, 統計数理研究所共同研究レポート 83 (1996).
- 伊藤栄明, ”可積分系と確率モデル”, 数理科学, No.405 (1997) 20–26.
- 伊藤栄明, 杉本真貴子, ”結晶群のうへのランダムウォークと結晶群の出現頻度統計数理研究所共同研究レポート 98 (1997).
- A.Saito, *Local Ore-type conditions for graphs of diameter two to be hamiltonian*, J. Combinatorial Mathematics and Combinatorial Computing 20 (1996) 155 - 159.
- A.Saito, T.Nishimura, *Two recursive theorems on n-extendibility*, Discrete Math. 162 (1996), 319 - 323.
- A.Saito, *Fan-type theorem for path-connectivity*, Combinatorica 16 (1996) 433 - 437.
- A.Saito, *Degree sums and graphs which are not covered by two cycles*, J. Graph Theory, to appear.
- A.Saito, *Long paths, long cycles and their relative lengths*, submitted.



- A.Saito, G.Chen, B.Wei and X.Xhang, *The hamiltonicity of bipartite graphs involving neighborhood unions*, submitted
- A.Saito, Z.Ryjacek and R.H.Schelp, *Closure, 2-factors and cycle coverings in claw-free graphs*, submitted.
- A.Saito, B.Bollobas, O.Riordan, Z.Ryjacek and R.H.Schelp, *Closure and hamiltonian-connectivity of claw-free graphs*, submitted.
- A.Saito, M.D.Plummer, *Closure and factor-critical graphs*", submitted.
- A.Saito, H.Enomoto and M.D.Plummer, *Neighborhood unions and factor-critical graphs*, submitted.
- H.Honda, M.Tanemura, S.Imayama, *Spontaneous architectural organization of mammalian epidermis from random cell packing*, Journal of Investigative Dermatology, Vol.106(1996) pp.312-315.
- M.Tanemura, *Kelvin polyhedra and analysis of crystallization*, Forma, Vol.11(1996) 317-329.
- M.Tanemura, *On random packings by non-spherical particles*, Acta Stereologica, Vol.15(1996) 97-102.
- H.Honda, H. S.Imayama, and M.Tanemura, *A fractal-like structure in the skin*, Fractals, Vol.4(1996) 139-147.
- M.Tanemura and T.Matsumoto, *Density of the  $p2gg-4c1$  packing of ellipses (I)*, Zeitschrift fuer Kristallographie, Vol.212(1997) 637-647.
- M.Tanemura, *Kelvin polyhedra and analysis of crystallization*, "The Kelvin Problem" (Ed. D.Weaire), Taylor & Francis, London, 1997, pp.155-167.
- M.Tanemura, *A short overview of the methods for spatial data analysis*, "Data Science, Classification, and Related Methods", (Eds. C.Hayashi et al.), Springer, Tokyo, 1998, pp.276-283.
- M.Tanemura, *Random packing and tessellation network on the sphere*, Forma, Vol.13, to be published.
- M.Tanemura, *The forms of space division*, "Voronoi Memorial Edition" (Ed. H.Syta), 1998, to be published.
- H.Enomoto, K.Ota and T.Iida, *Connected spanning subgraphs of 3-connected planar graphs*, J. Combinatorial Theory (Ser. B) 68 (1996) 314-323
- H.Enomoto and S.Matsunaga, *Graph decompositions without isolated vertices. II*, J. Math. Soc. Japan 49 (1997) 161-180
- H.Enomoto and S.Matsunaga, *Graph decompositions without isolated vertices. III*, J. Graph Theory 24 (1997) 155-164
- H.Enomoto, K.Ota and K.Hirohata, *Long cycles passing through a specified edge in a 3-connected graph*, J. Graph Theory 24 (1997) 275-279

- H.Enomoto, T.Nakamigawa and K.Ota, *On thepagenumber of complete bipartite graphs*, J. Combinatial Theory (Ser. B) 71 (1997) 111-120
- H.Enomoto, Y.Oda and K.Ota, *Pyramidal tours with step-backs and the asymmetric traveling salesman problem*, preprint
- H.Enomoto, A.S.Llado, T.Nakamigawa and G.Ringel, *Edge-magic graphs*, preprint
- H.Enomoto, *Toughness and the existence of k-factors. III*, preprint
- H.Enomoto, S.Matsunaga and K.Ota, *Graph decompositions and  $D_3$ -paths with a prescribed endvertex*, preprint
- H.Enomoto and M.S.Miyauchi, *Embedding a graph into a 3-page book with  $O(m \log n)$  edge-crossings over the spine*, preprint
- H.Enomoto, M.S.Miyauchi and K.Ota, *A lower bound for the number of edge-crossings over the spine of the book embeddings of graphs*, preprint
- H.Enomoto, M.Hagita and M.Matsumoto, *A note on difference sets*, preprint
- H.Enomoto, M.Hornak and S.Jendrol, *Cyclic chromatic number of 3-connected plane graphs*, preprint
- S. Negami and K. Ota, *Polynomial invariants of graphs II*, Graph and Combinatorics 12 (1996), 189-198.
- T. Midorikawa and S. Negami, *Loosely tightness of triangulations of closed surfaces*, Sci. Rep. Yokohama Nat. Univ., Sec. I 43 (1996), 25-41.
- R. Brunet, A. Nakamoto and S. Negami, *Diagonal transformations of triangulations on closed surfaces preserving specified properties*, J. Combin. Theory, Ser. B 68 (1996), 295-309.
- S.Negami and T. Tsukamoto, *Note on spatial graphs with good drawings*, Proceedings of Knots96, edited by S. Suzuki, (1997), 91-98.
- S. Lawrencenko and S. Negami, *Irreducible triangulations of the Klein bottle*, J. Combin. Theory, Ser. B 70 (1997), 265-291.
- A. Nakamoto, S. Negami and T. Tanuma, *Re-embedding structures of triangulations on closed surfaces*, Sci. Rep. Yokohama Nat. Univ., Sec. I 44 (1997), 41-55.
- S. Negami, *Ramsey-type theorem for spatial graphs*, to appear in Graph and Combinatorics.
- S. Negami, *Ramsey-type theorems for spatial graphs and good drawings*, to appear in J. Combin. Theory, Ser. B.
- S. Negami, *Note on Ramsey theorems for spatial graphs*, to appear in Proceedins of 9th Franco-Japanese Days on Combinatorics and Optimization, 1996.
- Peter Frankl, Katsuhiko Ota and Norihide Tokushige, *Covers in Uniform Intersecting Families and a Counterexample to a Conjecture of Lovász*, J. Combin. Theory A, 74(1996), 33-42.

- Katsuhiro Ota and Taro Tokuda, *A Degree Condition for the Existence of Regular Factors in  $K_{1,n}$ -Free Graphs*, J. Graph Theory 22(1996), 59–64.
- Seiya Negami and Katsuhiro Ota, *Polynomial Invariants of Graphs II*, Graphs and Combinatorics 12(1996), 189–198.
- Peter Frankl, Katsuhiro Ota and Norihide Tokushige, *Exponents of Uniform L-Systems*, J. Combin. Theory A, 75(1996), 23–43.
- Atsuhiko Nakamoto and Katsuhiro Ota, *Diagonal Transformations in Quadrangulations and Dehn Twists Preserving Cycle Parities*, J. Combin. Theory B, 69(1997), 125–141.
- Atsuhiko Nakamoto, Katsuhiro Ota and Takayuki Tanuma, *Three-Cycle Reversions in Oriented Planar Triangulations*, Yokohama Mathematical Journal, 44(1997), 123–139.
- Atsuhiko Nakamoto and Katsuhiro Ota, *Diagonal Transformations of Graphs and Dehn Twists of Surfaces*, J. Combin. Theory B, 70(1997), 292–300.
- Peter Frankl, Katsuhiro Ota and Norihide Tokushige, *Uniform intersecting families with covering number restrictions*, to appear in *Combinatorics, Probability & Computing*.
- Shinsuke Matsunaga and Katsuhiro Ota, *Graph decompositions into connected subgraphs*, to appear in the *Proceedings of the Eighth International Conference on Graph Theory, Combinatorics, Algorithm, and Applications*.
- Hikoe Enomoto and Katsuhiro Ota, *Connected Subgraphs with Small Degree Sums in 3-Connected Planar Graphs*, to appear in J. Graph Theory.
- M. Tsuchiya, H. Era, *On Double Bound Graphs whose Complements are also Double Bound Graphs*, Proceedings of the School of Science, Tokai Univ. 31(1996) 25-29
- M. Tsuchiya, *On Uniqueness of Manifold Posets and Locally Cohen-Macaulay Posets*, Southeast Asian Bulletin of Mathematics, 20(1996) 13-17
- H. Era, M. Tsuchiya, *Remarks on Relations between Upper Bound Graphs and Double Bound Graphs*, Proceedings of the School of Science, Tokai Univ. 32(1997) 1-6
- M. Tsuchiya, *On Intersection Numbers, Total Clique Covers and Regular Graphs*, Accepted in JCMCC.
- M. Tsuchiya, *On Uniform Intersection Numbers*, Accepted in Ars Combinatoria.
- M. Tsuchiya, *On Upper Bound Graphs whose Complements are also Upper Bound Graphs*, Accepted in Discrete Mathematics 179 (1997).
- M. Tsuchiya, K. Yokomura, *Some Families of Edge Magic Graphs*, Accepted in Proceedings of the Eighth International Conference on Graph Theory, Combinatorics, Algorithms and Applications.
- H. Era, K. Ogawa, M. Tsuchiya, *On Upper Bound Graphs with respect to Operations on Graphs*, Accepted in Proceedings of the 9th Franco-Japanese Days on Combinatorics and Optimization.

- H.Era, M.Tsuchiya, *On Transformations of Posets which have the same Bound Graph*, Submitted in Order.
- H.Era, K.Ogawa, M.Tsuchiya, *On Upper Bound Graphs with respect to Unary Operations on Graphs*, Submitted in Vishwa International Journal of Graph Theory.
- M.Tsuchiya, *On  $k$ -th Powers of Upper Bound Graphs*, Submitted in Proceedings of the 10th Franco-Japanese Days on Combinatorics and Optimization.
- S.Tazawa and T.Shirakura, *Enumeration of unlabelled bicolored graphs by degree parities*, Journal of Statistical Planning and Inference, 58(1997) 193-206
- C.Nara, S.Tazawa, *Enumeration of unlabelled graphs whose order, size and the number of odd vertices are given*, to appear in Discrete Mathematics
- S.Tazawa, Y.L.Jin, T.Shirakura, *Enumeration of labelled 2-connected Euler graphs*, Journal of Combinatorics Information, System Sciences
- K.Ushio, *Star-factorization of symmetric complete bipartite digraphs*, Discrete Math. 167/168 (1997) 593-596
- K.Ushio,  $\hat{K}_{p,q}$ -factorization of symmetric complete bipartite digraphs, to appear in the Eighth International Conference on Graph Theory, Combinatorics, Algorithms and Applications (1997)
- K.Ushio,  $\hat{C}_k$ -factorization of symmetric complete bipartite and tripartite digraphs, J.Fac. Sci. Technol. Kinki Univ. 33(1997) 221-222
- K.Ushio,  $\hat{S}_k$ -factorization of symmetric complete bipartite digraphs, to appear in Discrete Math. (1998)
- K.Ushio, *Cycle-factorization of symmetric complete multipartite digraphs*, submitted.
- K.Ushio,  $\hat{C}_k$ -factorization of symmetric complete multipartite digraphs, submitted
- K.Ushio,  $\bar{S}_k$ -factorization of symmetric complete tripartite digraphs, submitted
- K.Asano, *An approximation algorithm for the maximum independent set problem for graphs on a surface*, J. of Combinatorial Mathematics and Combinatorial Computing 21(1996), pp. 33-39.
- M.Furukata, K.Asano, *Reporting the crossing-free segments of a complete geometric graph*, International Journal on Computer Mathematics 62(1996) pp.163 - 170
- A.Kaneko, M.Watanabe, *A variation of the towers of Hanoi problem*, Bull. of Kurashiki Univ. of Science and the Arts, 1(1996), 65-71
- A.Kaneko, M.Watanabe, *A variation of the towers of Hanoi problem II*, Bull. of Kurashiki Univ. of Science and the Arts, 2(1997), 49-52
- M.Watanabe, *Visibility Graphs for line segments with colored endpoints*, submitted in Comput. Geom. : Theory and Applications

- A.Kaneko, M.Watanabe, *String decomposition of graphs*, to appear in *Ars Combinatoria*
- M.Watanabe, *Rectangle-covering of orthogonal polygons*, submitted in Proc. of 16th British Combinatorial Conference
- M.Watanabe, *Visibility in polygons and line segments*, Ph.D. thesis, Keio Univ. (1997)
- S.Nakagawa, M.Watanabe, *On a valid path in a rectangle partitioned into horizontally aligned rectangle boxes*, to appear in Bull. of Kurashiki Univ. of Science and the Arts
- N.Tokushige, P.Frankl, *Some inequalities concerning cross-intersecting families*, to appear.
- N.Tokushige, P.Frankl, *Erdos-Ko-Rado theorem for integer sequences* submitted.

(2) 口頭発表

- H.Maehara: A spatial unit-bar-framework which is rigid and triangle-free, グラフ理論、組合せ論とその応用ワークショップ、茨城大 7/25-27, 1996
- H.Maehara: Can a convex polyhedron have a developable face-cycle? 9th Franco-Japan days on Combinatorics and Optimization 琉球大学 10/14-16, 1996
- H.Maehara: A minimal rigid graph in the plane that is not constructible by ruler and compass, 離散幾何-組合せ論ワークショップ、琉球大学 8/27-29, 1997
- H.Maehara: Is there a circle that passes through a given number of lattice points?, 10th Franco-Japan Conference, Palaiseau France, 9/15-18, 1997
- H.Maehara: 球面のある種の配置について、位相幾何学的グラフ理論研究集会、横浜国立大学、11/6-7, 1997
- M.Ozeki: 極値的な重偶自己双対 2 元符号の被覆半径の問題、平成 8 年 7 月 第 21 回代数学シンポジウム報告集 (1996)
- M.Ozeki: On the covering radius problem of doubly even self-dual binary codes of length 40, 平成 8 年 10 月 9th Franco-Japanese Days on Combinatorics, Optimization and Computational Geometry (琉球大学)
- M.Ozeki: 符号理論、その固有の問題および他の分野と関連した 2、3 の問題、平成 9 年 4 月 日本数学会春期総会 代数学分科会特別講演
- M.Ozeki: A polynomial approach to the covering radius problem for ternary self-dual codes, 1997 年 7 月 17 日 第 14 回代数的組合せ論シンポジウム (国際基督教大学 ICU)
- M.Ozeki: On the covering radius problem for ternary self-dual codes, 1997 年 9 月 15 日 International Workshop on Combinatorics and Computer Science, 10th Franco-Japanese and 5th Franco-Chinese Conference (France, Paris, Ecole Polytechnique)
- M.Ozeki: Binary self-dual code の被覆半径の問題総括, 1997 年 10 月 23 日 研究集会 代数学と計算 II (東京都立大学)

- M.Ozeki: Two results on the covering radius problem for binary self-dual codes, 1997年11月11日代数的組み合わせ理論とその周辺 International Workshop on Algebraic Combinatorics and related topics (山形大学)
- M.Ozeki: Design equations for ternary codes via modular form theory, 1997年12月3日短期共同研究 Gauss 和, Jacobi 和の組合せ論への応用 (京都大学 数理解析研究所)
- M.Kano: Straight Line Embeddings of Rooted Forests on the Plane, 1996年10月9-th Franco-Japanese days on Combinatorics and Optimizaition
- M.Kano: Straight Line Embeddings of Rooted Forests on the Plane, 1996年12月 応用数学合同研究集会
- M.Kano: A straight-line embedding of two or more rooted trees in the plane, 1997年8月 The ninth Canadian Conference on Computational Geometry
- M.Kano: Balanced partitions of points in the plane and tree embedding problems, 1997年8月 離散幾何・組合せ論ワークショップ
- M.Kano: Straight Line Embeddings of Rooted Forests in the Plane, 1997年9月 日本数学会 応用数学分科会
- M.Kano: 根付き林の直線埋め込み, 1997年11月 第9回位相幾何学的グラフ理論研究集会
- M.Kano: Straight Line Embeddings of Rooted Forests in the Plane, 1997年11月 離散・計算幾何学 Workshop
- M.Kano: 根付き林の直線埋め込み, 1997年12月 応用数学合同研究集会
- A.Kaneko and K.Ando: B-distance と直径 II, 日本数学会 (新潟大学) 1996年4月
- K.Ando: The number of edges in a graph with diameter three, 日本数学会 (新潟大学) 1996年4月
- K.Ando and Y.Kaneko: The number of edges in a graph with edge version diameter 2 or 3, 9th FRanco-Japan Days on Combinatorics and Optimizations, (Ryukyu University, 10/14-16, 1996)
- T.Kojima and K.Ando: Wide distance and minimum kength of linkage, 応用数学合同研究集会 (龍谷大学、1996年12月)
- K.Ando: Strong version of connectivity and wide diameter, 応用数学合同研究集会 (龍谷大学 1996年12月)
- K.Ando: Diameter restricted tree systems in a graph, 日本数学会 1997年4月
- T.Kojima and K.Ando: Minimum length of cycles through specified vertices in graph with wide diameter at most d, 応用数学合同研究集会 (龍谷大学 1997年12月)
- Y.Egawa: Graph labelings in elementary abelian 2-groups, Eighth Quadrennial International Conference on Graph Theory, 1996 Kalamazoo, Michigan U.S.A

- Y.Egawa: Radius of  $(2k-1)$ -connected graphs, International Colloquim on Combinatorics and Graph theory, 1996, Balatonlelle, Hungary
- Y.Egawa: Nonseparating cycles consisting of contractible edges, Sixteenth British Combinatorial Conference, 1997, London, United Kingdom
- 関根京子, 今井浩: Tutte 多項式と Jones 多項式の計算. 京都大学数理解析研究所講究録, Vol.950 (1996), pp.133-139.
- 関根京子, 今井浩: Jones 多項式の計算. 統計数理研究所共同研究レポート“最適化: モデリングとアルゴリズム 9”, Vol.92, November 1996, pp.1-10.
- 今井浩, 今井桂子: 3 角形分割と凸多面体. 京都大学数理解析研究所講究録, Vol.934 (1996), pp.149-166.
- K. Imai and H. Imai: Enumeration of Regular Triangulation. 京都大学数理解析研究所講究録, Vol.950, 1996, pp.126-132.
- 関根京子, 今井浩: Tutte 多項式と Jones 多項式の計算. 京都大学数理解析研究所講究録, Vol.950, 1996, pp.133-139.
- Y. Kyoda and H. Imai: A Branch-and-Cut Exact Algorithm for Minimum Length Triangulation. 統計数理研究所共同研究レポート“最適化: モデリングとアルゴリズム 10”, Vol.97, March 1997, pp.136-146.
- F. Takeuchi, H. Imai and K. Imai: Enumerating Triangulations for Arbitrary Configurations of Points and for Products of Two Simplices. 数理解析研究所講究録, “計算理論とその応用”, Vol.992, 京都大学, 1997, pp.98-105.
- 伊藤 栄明: 巡回競合系の可積分性とそのみだれ [日本物理学会] 1996.4.3 (金沢)
- 伊藤 栄明: 結晶群の出現頻度と群の上のランダムウォーク [日本統計学会第 64 回大会] 1996.9.9 (千葉)
- 伊藤 栄明: Combinatorial probability for a nonlinear integrable system [9th F-ranco Japanese Days on Combinatorics and Optimization] 1996.10.14 (沖縄)
- 伊藤 栄明: paper-scissors-stone モデルと非線形可積分系 [パーコレクション, 無限粒子系の数理] 1996.11.12 (横浜)
- Itoh, Y.: A stochastic model of a nonlinear integrable system: the paper-scissors-stone model [Advances in soliton theory and its applications-The 30th anniversary of the Toda lattice-] 1996.12.3 (神奈川)
- Itoh, Y.: Stochastic models and nonlinear integrable systems, Workshop on Nonlinear Equation and Dynamical systems, 1997. 6.10 (Crete, Greece)
- 伊藤 栄明: 1次元ランダムパッキング、離散幾何、組合せ論ワークショップ、1997.8.27 (沖縄)
- Itoh, Y.: Binary search tree and 1-dimensional random packing, Combinatorics and Computer Science, 1997.9.15 (Palaiseau, France)

- Itoh, Y.: Binary search tree and 1-dimensional random packing, ALGO Seminar in INRIA, 1997.9.22 (Rocquencourt, France)
- A.Saito: Closure, paths and cycles of claw-free graphs, The Meeting of the American Mathematical Society, University of Memphis, U.S.A., March 1997.
- A.Saito: Spanning Menger path systems in graphs, 日本数学会年会, 新潟大学 1996年4月
- A.Saito: Closure, 2-factors and cycle coverings in claw-free graphs, 日本数学会秋季総合分科会, 東京大学 1997年10月
- A.Saito: long paths, long cycles and their relative lengths, 日本数学会秋季総合分科会, 東京大学 1997年10月
- M.Tanemura: Likelihood estimation of directional interaction and its applications, Special Seminar of Dept.Theoretical Statistics, Aarhus Univ., Aarhus, Denmark. 1996年6月13日
- M.Tanemura: On the density of ellipse packing with six contacting neighbours, Special Seminar at Dept. Material Sciences, Univ. College London, London, United Kingdom. 1996年11月12日
- M.Tanemura: 球面における準規則配置の生成、形の科学第39回シンポジウム(新潟大学) 1997年6月14日
- M.Tanemura: 球面における不規則な配置の問題、離散幾何-組合せ論ワークショップ(琉球大学) 1997年8月27日
- M.Tanemura, E.V.Jensen & J.Moeller: Random tessellation network and some inference problems, 9th Int. Workshop on Stereology, Stochastic Geometry and Image Analysis, Santander, Spain. 1997年10月8日
- M.Tanemura: 剛体粒子系の充填過程と空間構造、形の科学第40回シンポジウム(筑波大学) 1997年11月8日
- M.Tanemura & T.Matsumoto: Density of regular packings of ellipses with six contacting neighbours, 応用数学合同研究集会(龍谷大学瀬田) 1997年12月18日
- M.Tanemura: 球面上の準規則配置生成、日本物理学会第53回年会(東邦大学習志野) 1998年3月31日
- H.Enomoto and Y.Usami: Minimum number of edges in 2-connected graphs with given diameter, at the Eighth International Conference on Graph Theory, Combinatorics, Algorithms and Applications (1996)
- Y.Oda, H.Enomoto: Asymmetric van der Veen conditions and the traveling salesman problem, 応用数学合同研究集会(龍谷大学) (1996)
- K.Masuda, H.Enomoto: Edge-magic graphs have no forbidden subgraphs, 応用数学合同研究集会(龍谷大学) (1996)
- H.Enomoto: グラフの toughness と extendability, 応用数学合同研究集会(龍谷大学) (1996)



- H.Enomoto: Cyclic chromatic number of 3-connected plane graphs, at the 16th British Combinatorics Conference (1997)
- H.Enomoto: Book embedding of graphs, at the Sixth Workshop on Cycles and Colourings at Stara Lesna in Slovakia (1997)
- H.Enomoto: Cyclic chromatic number of 3-connected plane graphs, 離散幾何 - 組合せ論ワークショップ (琉球大学) (1997)
- H.Enomoto: グラフの game chromatic number について, 応用数学合同研究集会 (龍谷大学) (1997)
- K.Ota: 3 連結グラフと graph minor, 日本数学会年会 応用数学科分科会 特別講演 1996 年 4 月, 於新潟大学.
- M.Tsuchiya: On Double Bound Graphs, The Eighth International Conference on Graph Theory, Combinatorics, Algorithms and Applications, 1996, 6 月
- M.Tsuchiya: Edge-magic Graph について (共同発表者 1 名), グラフ理論, 組合せ論とその応用ワークショップ, 1996, 7 月
- M.Tsuchiya: On Uniform Intersection Numbers, 日本数学会 1996, 9 月
- M.Tsuchiya: On Some Operations of Upper Bound Graphs, 9th Franco-Japanese Days on Combinatorics and Optimization, 1996, 10 月
- M.Tsuchiya: Some Operations on Upper Bound Graphs (共同発表者 2 名), 日本数学会 1997, 4 月
- M.Tsuchiya: On Upper Bound Graphs with respect to Operations on Graphs, 16th British Combinatorial Conference, 1997, 7 月
- M.Tsuchiya: On Upper Bound Graphs and Graph Operations, 離散幾何・組合せ論ワークショップ, 1997, 8 月
- M.Tsuchiya: On Graph Operations and Upper Bound Graphs, International Workshop on Combinatorics and Computer Science 10th Franco-Japanese and 5th Franco-Chinese Conference, 1997, 9 月
- Y.Egawa, K.Ota: Vertex-disjoint paths and vertex-disjoint stars in graphs, 日本数学会年会 応用数学科分科会 1997 年 4 月, 於信州大学.
- Katsuhiko Ota: Vertex-Disjoint Stars in Graphs, 16th British Combinatorial Conference, 1997 年 7 月, University of London.
- Y.L.Jin, S.Tazawa, K.Sirakura: 2 連結な標識オイラーグラフの数え上げ, 応用数学合同研究集会, 於 龍谷大学, 1996 年 12 月.
- Y.L.Jin, S.Tazawa, K.Sirakura: 唯一つの切断点をもつ連結な標識グラフの数え上げ, 離散幾何 - 組合せ論ワークショップ, 於 琉球大学, 1997 年 8 月.
- Y.L.Jin, S.Tazawa, K.Sirakura: ブロック上に  $k$  個の切断点をもつ連結な標識グラフの数え上げ, 応用数学合同研究集会, 於 龍谷大学, 1997 年 12 月.

- K.Asano: On realizable rectangular bipartite 4 by n weavings, 9th Franco-Japanese Days on Combinatorics and Optimization, October 15, 1996, Naha.
- K.Asano: 実現可能な直交 weaving 型の禁止部分型の有限性について, 離散幾何-組合せ論ワークショップ, 1997年8月琉球大学
- M.Watanabe: Some Variations of the Towers of Hanoi Problem, 日本数学会(新潟大学)1996年4月
- M.Watanabe: Convex Covering of a Polygon グラフ理論、組合せ理論ワークショップ(茨城大学)1996年7月
- M.Watanabe: Rectangle-covering of orthogonal polygons, 16th British Combinatorial Conference, 1997 July
- M.Watanabe: Rectangle coverings of orthogonal polygons, 日本数学会(東京大学)1997年9月
- M.Watanabe: On the number of acute triangles on straight-line embedding of maximal planar graph, 日本数学会(東京大学)1997年9月
- M.Watanabe: Diagonal-rectangle cover of an orthogonal polygon, 位相幾何学的グラフ理論研究集会(横浜国立大学)1997年11月
- N.Tokushige: Every graph is an integral distance graph in the plane, International Workshop on Combinatorics and Computer Science (LIX-CNRS Ecole Polytechnique, 1997/9/17)
- N.Tokushige: 平面上の整数距離グラフについて, 応用数学合同研究集会(龍谷大学, 1997/12/19)

#### 1.4 研究集会

以下の研究集会は本科学研究費も活用して開かれた。

- 「応用数学合同研究集会」龍谷大学瀬田キャンパス  
1996年12月17日～19日
- 「離散幾何と組合せ論ワークショップ」琉球大学  
1997年8月
- 「応用数学合同研究集会」龍谷大学瀬田キャンパス  
1997年12月

## 2 研究成果

### 2.1 研究成果の概要

各研究分担者の説明による研究成果の概要を記す。

(前原)1. フレームワークの剛性に関して: 3次元の変形しない等辺フレームワークで三角形を含まないものを構成した。また、 $m \geq 3, n \geq 5$  のとき、平面上の2部フレームワーク  $K(m, n)$  が連続的に変形するための点の配置を特徴づけた。さらに平面上の変形しないフレームワークで、辺の長さ、グラフの構造だけからは、作図できないフレームワークで頂点数が最小のもの(6頂点のフレームワーク)を与えた。2. 格子点、有理点等に関して: 与えられた個数の格子点を通る円が存在することを示した。また、有理数体上の内積の定義された  $n$ 次元のベクトル空間は  $R^{2n+1}$  内の有理点全体の中に等長的に埋め込めることを示した。3. 球面の配置について: 平面上に置かれている球面の系の接触パターンとして得られるグラフの族について調べた。その様なグラフの染色数の最大値が5または6であることを示した。

(小関)1. 符号に付随して定義されるヤコビ多項式を斉次化するとある有限複素鏡映群の同次不変式になり、そのようにして得られ、かつさらなる多重不変式にヤコビテータ関数を代入することにより Eichler-Zagier の意味でのヤコビ形式が構成されることを示した。2. 論文18で開始したアイデアを weight 4 のヤコビ形式の構成に用いたもの。それに関連していくつかの基本的問題を提案した。3. 有限体上の符号に対してヤコビ多項式を導入し、その基本的性質を論じたもの。代数的にはある有限複素鏡映群の同次不変式環を考えることになることが判明し、種々の分野との関連性が見出されている。4. 論文3の構想を基にして、2元符号の被覆半径の問題を取り扱う方法を与え、長さが40の自己双対極値符号の被覆半径を決定する方法を与えた。このような符号は沢山あり恐らく自己同型群等による分類は誰も試みる者が居ないであろうが、それらすべてに適用される方法である。5. 2元符号の被覆半径を決定するためには4変数のヤコビ多項式を用いるだけで充分であったが、3元符号の被覆半径を調べるためにはより細密な多項式を導入しなければならない。そしてそのような多項式の全体を不変式論的に統制するに現在充分な方法論があるとも見えないので、まずそこいら辺から始めている所。それにも拘らず、小さいパラメータの符号を取り扱うことはプログラミングでこなせるので、この点についての結果を得て論文にした。

(浅野哲夫) 画像は各画素の明るさの情報を表す行列の形で表現されるのが一般的であるが、行列形式では画像の構造を反映したグローバルな処理が困難である。一方で、デジタルカメラの普及などにより画像処理が一挙に生活の中に入り込み、画質の改善、画像の切りはりなど多種多様な処理を効率よく実行することが要求されるようになってきた。このような時代の要求に答えるには現在の画像処理技術の幅を広げる必要がある。本研究では、画像の等高線表現という新たな幾何学的表現方法を提案した。この表現方法により、従来の画像処理技術では困難であった、画像の構造を反映したグローバルで柔軟な処理が可能になった。具体的には、画素の明るさをその位置における標高と見なすことにより、画像を地形図と同様に扱おうという発想である。等高線表現を効率よく求める方法だけでなく、画像の全体的構造の効率的抽出と、画像構造情報に基づく画像検索などの問題も扱った。この処理において重要なことは、問題をグラフを用いて定式化したことである。本研究グループには離散幾何の専門家とグラフの専門家が揃っており、グループ内での討論が問題の解決に特に役立った。

(加納) 平面的グラフは平面上に辺を直線分で表し、かつどの2辺も共通の端点以外では交差しないように描くことができる。これをグラフの直線埋め込みという。グラフの直線埋め込み問題を、平面上の点集合を事前に与え、かついくつかのグラフの特別な点を与えられた点集合の中の指定された点へ写すという制限のもとで直線埋め込みを研究した。具体的には、(1) 2つの根付き木からなる林は、2つの根を指定された点へ写す直線埋め込みができる; (2) 各根付き木が星グラフである林は、根を指定された点へ写す直線埋め込みができる; (3) 各根付き木の位数が  $k$  または  $k+1$  である林は、根を指定さ

れた点へ写す直線埋め込みができる、などの結果を得た。なお、これらはすべて工学院大学の金子篤司氏との共同研究である。

(今井) 種々の離散システムの不変量について、2分決定グラフ(BDD)というデータ構造を用いて、中規模の問題でも厳密に求めることができることを示した。これらの不変量の中には、グラフの Tutte 多項式、彩色多項式、信頼度多項式、マトロイド複体の Hilbert 関数、結び目の Jones 多項式、半順序のイデアル、超平面アレンジメントのセル数などが含まれ、それらに対して統一的な枠組を与えた。また、一般の次元での点集合の3角形分割についても、列挙・最適化両面で成果をあげ、その計算代数との関係などを調べた。

(伊藤) (1) 群、グラフを値としてとる確率分布、確率過程として結晶群の出現頻度の問題について研究を行った。無機結晶データベースをもちいて結晶群の出現頻度をもとめて、その結晶群の群、部分群関係上のランダムウォークによる説明を試みた。(2) ランダムパッキングにおける隙間の最小値の確率分布、2進探索木の確率モデルにより生成される木の高さの確率分布等の離散幾何構造を持つ確率モデルについて研究を行った。(3) ランダムに生成されるトーナメントがレギュラートーナメントになる確率について円周上の幾何確率という視点からの研究を行った。

(安藤) 極値グラフ、3正則平面グラフ、曲面上の四角形分割等に関して研究を行なった。ある性質についての臨界的なグラフをその性質に関する極値グラフと呼ぶ。グラフを直径が  $d$  であり、そのグラフから任意の一頂点を除去したグラフの直径が  $d+1$  以上となるグラフを  $d$ -直径臨界グラフと呼ぶ。2-直径臨界グラフの辺数の最小値をそのグラフの頂点数の関数として確定した。また2-直径臨界グラフの辺数の最大値についても確定に成功し、現在、投稿準備中である。また、wide-diameter が2あるいは3のグラフの辺数の上限、下限を求めた。また、基本変換に関して臨界的な3正則平面グラフを決定し、平面の四角形分割の種々の性質を調べた。さらに、閉曲面上の次数に制限のある四角形分割を特徴づけた。

(江川)  $G$  をグラフとし、 $S \subset V(G)$  を独立点集合とする。 $S$  が半根元的であるとは、ある  $x, y \in S$  が存在して  $d(x, y) = 2$  となることをいう。また、 $D(S), \Delta(S)$  で、それぞれ、 $x$  が  $S$  を動くときの  $\deg(x)$  の平均値、最大値を表すことにする。「 $G$  が位数  $n$  の  $k$  連結グラフで、大きさ  $k$  の任意の独立点集合  $S$  に対して  $D(S) > (n-1)/2$  であれば、 $G$  は長さ  $n$  の閉路を含む」ということは、Bondy が証明している。本研究では、これを精密化して、「 $G$  が位数  $n$  の  $k$  連結グラフで、大きさ  $k$  の任意の半根元的独立点集合  $S$  に対して  $\Delta(S) > (n-1)/2$  であれば、 $G$  は長さ  $n$  の閉路を含む」という定理を得た。Bondy の定理は、大きさ  $k+1$  の独立点集合を考えても成立することが知られている。これについては、「 $G$  が位数  $n(\geq 2k+2)$  の  $k$  連結グラフで、大きさ  $k+1$  の任意の半根元的独立点集合  $S$  に対して  $\Delta(S) > (n-1)/2$  であれば、 $G$  は長さ  $((2k-1)/2k)n + (1/k)$  以上の閉路を含む」という定理を得た。またこの定理における閉路の長さの下限が最良であることもわかった。以上の結果は、根元的独立点集合のみを考えても成立すると思われるが、現時点では証明できておらず、このことは今後の研究課題である。

(斎藤) 本研究分担者は、離散幾何における組合せ論、特にグラフ理論的側面に関する研究を進めた。刑務所問題など離散幾何における有名な問題のいくつかは、グラフ理論上の問題に還元される。このとき、グラフの因子、あるいはハミルトン性が重要となることが多い。そこで本研究分担者はグラフの因子、ハミルトン性に関する研究を進め、それを離散幾何に応用することを試みた。

因子、ハミルトン性の研究では、現在 Ryjáček 閉包とよばれる概念に大きな関心が寄せられている。閉包とは、ある規則に従ってグラフ  $G$  に辺を付加して新しいグラフ  $G'$  を得る操作である。与えられた性質  $P$  に対して規則を上手に定めると、 $G$  が性質  $P$  を満たすことと  $G'$  が性質  $P$  を満たすことが同値になることがある(このとき閉包は性質  $P$  を保存する、という)。閉包は極めて単純な局所的性質を持つことが多いので、グラフの性質を調べる際の強力な道具となり得る。1995年チェコの Ryjáček は、従来知られているものとは全く異なる閉包を発表した。これはクローフリーグラフとよばれるク

スのグラフの上で良い振舞いを示し、ハミルトン性を保存する。

本研究分担者は Ryjáček、及び Schelp、Plummer(いずれも米国)らと共同で、Ryjáček 閉包が高階ハミルトン性、あるいは因子を保存する可否かを調べた。その結果、Ryjáček 閉包が 1- 因子、2- 因子を保存すること、高階ハミルトン性は Ryjáček 閉包により保存されないことなどが判明した。

次に我々は、Ryjáček 閉包を強化することにより、高階ハミルトン性を保存させることを試みた。その結果、我々は Ryjáček 閉包を拡張する  $k$ - 閉包という概念に至り、それが高階ハミルトン性を保存することを示した。

こうした研究の後、本分担者は上記の成果を離散幾何に応用することを試みた。Ryjáček 閉包、あるいはその拡張概念である  $k$ - 閉包はクロフリーグラフに対して考えられたものである。一方、離散幾何の問題から帰着されるグラフは、クロフリーグラフにならないことも多い。そこで本分担者は、クロフリーグラフ以外のグラフにも適用できるように、 $k$ - 閉包をさらに拡張することを試みた。この研究は Bollobás(米国)、Riordan(英国)らと共同で行われ、その結果我々は、より一般的な閉包を開発することに成功した。現在はこの拡張された閉包が離散幾何の問題に応用できるか、確認作業中である。

以上のように本研究により、本分担者は離散幾何のグラフ理論的側面に関して多くの知見を得た。

(種村) 単位球面上のランダム充填・最適点配置の問題、平面上の楕円充填の問題を中心に研究を行った。そのうち、球面上の最適点配置の問題は、任意個数の点を単位球面上にできるだけ均等に配置するという古典的な問題であるが、これを点間に反発相互作用を仮定してモンテカルロ法で安定な配置を実現した上で、球面 Voronoi 分割を用いて位置を調節することによって最適性を得るという実験的方法を提案した。また、楕円充填の問題では、7種の結晶型 6 配位規則充填において、充填密度をすべてのアスペクト比・傾斜角に対して数値計算を実行し、円の最大充填密度を越えないことを級数展開を用いて示すという、従来からの継続研究を完成させた。とくに、ある種の結晶型では、充填密度に結晶型の対称性以外の対称性が現れることを数値計算で発見した。

(榎本) 1. グラフの分割問題。とくに、大きさが指定された部分グラフで孤立点をもたないものへ分割できるための十分条件 ([2][3])。現在は閉路や通路への分割問題を考えている。2. グラフに長い閉路や通路が存在するための条件 ([4])。3. グラフに指定した性質を持つ因子が存在するための条件 ([1][8][9])。4. 多項式時間で解ける巡回セールスマン問題のクラス ([6])。5. グラフの本型空間への埋め込み ([6][10][11])。とくに、辺が本の背を通ることを許してその回数を最少にする問題、および、辺が本の背を通ることを禁止した場合に必要な最少ページ数を求める問題。6. 差集合の構成と非存在の証明 ([12])。

(太田) グラフが特定の部分グラフを点素にいくつ含むか、という問題は基本的であるが、あまり多くは知られていない。4点ずつに分割するケースですら、El-Zahar 予想の特別な場合として、最小次数が  $2n$  以上の  $4n$  点のグラフは、 $n$  個の点素な 4-cycle を含む、という予想も未解決である。ここでは、部分グラフとして star を考え、与えられたサイズの star が点素に  $k$  個存在するための、もとのグラフの最小次数条件について研究した。特に 4 点の star  $K_{1,3}$  については、最小次数が  $2k$  以上の  $4k$  点のグラフは、唯一の例外を除き、 $k$  個の点素な  $K_{1,3}$  を含むことを示した。さらに、頂点数に余裕のある場合には、最小次数の条件は大幅に弱められるという結果も得た。

幾何の対象に埋め込まれたグラフに関する研究としては、閉曲面の三角形分割あるいは四角形分割について、対角変形と呼ばれる基本操作でどの程度移り合えるかについての研究を行った。特に、閉曲面の写像類群の構造を考察することにより、isotopy の差だけを除いての変形の可能性についても結果を得た。

(土屋) 現在、研究している Upper Bound Graph は、Poset 上の上界間の関係から構成されたグラフである。Upper Bound Graph は、グラフの観点からは Edge Clique Cover が、Poset の観点からは Order Ideal が、各々密接に関係していることがわかった。この結果に基づいて、多くの結果が得られた。Order Ideal の立場から Poset を調べることにより、同じ Upper Bound Graph を持つ Poset

間の変換が得られ、Upper Bound Graph の一意性に関する結果を得た。また、Edge Clique Cover の概念を利用してグラフ演算 (Complement, Sum, Cartesian Product, Composition, Normal Product Line Graph, Middle Graph, Total Graph, Square) の立場から Upper Bound Graph を捉えることを行い、次のような様々な結果を得た。

たとえば、Upper Bound Graph  $G, H$  ( $|V(G)| \geq 2, |V(H)| \geq 2$ ) に対して、Composition  $G[H]$  が Upper Bound Graph となるのは、 $H$  が Complete Graph となるときかつこのときに限る。Conjunction  $G \wedge H$  が Upper Bound Graph となるための必要十分条件は  $E(G) = \emptyset$  あるいは  $E(H) = \emptyset$  あるいは、 $G = K_{1,n}$  かつ  $H = K_2$  である。また、Connected Upper Bound Graph  $G$  の Line Graph が Upper Bound Graph となるのは  $G = K_3$  あるいは  $G = K_1 + H$  のときに限る。ここで、 $H = mK_1 \cup nK_2$  ( $m \geq 1, n \geq 0$ ) である。さらに、Upper Bound Graph  $G$  の Square が Upper Bound Graph となるための必要十分条件が  $G$  の Edge Clique Cover の Intersection Graph が Upper Bound Graph となることである。

同様の研究を Poset 上の Interval と密接な関係にある Double Bound Graph に対しても行い様々な結果を得た。

(田沢) 標識付けられた単純グラフに対して、ブロックと連結グラフのそれぞれの指数型母関数の間にある関係はすでに知られている。本研究では、標識づけられた単純グラフに対して、2-連結なオイラーグラフとオイラーグラフのそれぞれの指数型母関数の間にある関係を見出した。そして、連結グラフにおいて、唯一の切断点を持ち、しかもその点のまわりに  $n$  個のブロックを持つ連結グラフの数え上げを行った上に、唯一の切断点を持つ連結標識グラフの数え上げを行った。最後に、より一般的なものとして、1つのブロックのまわりに  $k$  個の切断点を持つ標識連結グラフの数え上げについて報告した。

(潮) グラフの分解理論および因子分解理論の研究を行っている。特に、完全グラフ、完全2組グラフ、完全2組対称有向グラフ、完全3組対称有向グラフ、完全多組対称有向グラフのサイクル分解、パス分解、スター分解、完全2組分解、サイクル因子分解、パス因子分解、スター因子分解、完全2組因子分解の存在する必要十分条件とその分解アルゴリズムの研究を行っている。

(浅野考平) 平面上の点集合、線分、直線に関する離散幾何学の問題については、さまざまな成果が得られている。しかしながら、空間内の図形に関する問題は難しいことが多く、結果は少ない。この難しさは、多数の直線の相対的位置関係が、平面上の点の位置関係に比べて著しく複雑であることに起因していると考えられる。視覚を考えてもわかるように、われわれの図形に対する思考は空間図形についても平面図形を組み合わせて行われる。そこで、本研究では空間内の直線集合を、平面への射影像を用いて研究した。具体的には、直線集合 (直線アレンジメントと呼ばれる) の交点に上下関係を与えた図形である weaving (編み型) について考察した。そして、縦線の個数が4以下の bipartite weaving が、空間の中の直線集合として実現可能な直交型の weaving に同値であるための禁止部分型の集合が6個であることを証明した。

(渡辺) ハノイの塔の問題の新しい変種として、3本の柱のうちの2本に各々赤と青の大きさの異なる  $n$  枚の円盤が下から上へ積まれているのを第3の柱に積み上げるための最小手数を求める問題をはじめ、いくつかの問題を提起し、各々の解を与えた。平面上の  $n$  本の線分の集合に対し、2種類の離散幾何学における新しい visibility graph を定義し、それぞれのサイズの tight な上界、下界を決定した。グラフの辺集合が、string と呼ばれる高々2回の同じ頂点の出現が許された walk に分割可能であるようなグラフを特徴付けた。 $n$  頂点からなる直交多角形が与えられたとき、その内部を少なくとも1つの頂点が元の多角形の頂点である長方形達で cover するために必要な長方形の最小個数を決定した。また、1組の対角頂点が共に元の多角形の頂点となっている長方形達で cover するために必要な長方形の最小個数についても考察した。

(徳重) 平面上に頂点を配置し、2点間の距離が整数のときのみ辺で結んで得られるグラフを平面上の整数距離グラフという。どんな有限単純グラフも平面上の整数距離グラフとして表せることを示した。

証明は初等的な幾何と整数論を用いた構成的なものである。また、極値集合論の Erdos-Ko-Rado の定理のひとつの拡張を与えた。離散幾何的に言えば、ハミング距離を入れた空間内で、直径を一定以下に制限した点集合の(極大な)配置の最適解を決定している。確率論的手法を利用することにより、証明を簡略化できた。

## 2.2 論文 目次

K. Ando and T. Kojima: Minimum length of cycles through specified vertices in graphs with wide-diameter at most $d$ .....	23
T. Asano, D. Z. Chen, N. Katoh and T. Tokuyama: Efficient algorithms for optimization-based image segmentation .....	32
Y. Egawa and K. Inoue: Radius of $(2k-1)$ -connected graphs .....	56
Y. Egawa and K. Ota: Vertex-disjoint claws in graphs .....	63
H. Enomoto, M. Hornak and S. Jendrol': Cyclic chromatic number of 3-connected plane graphs .....	85
H. Enomoto, M. S. Miyauchi and K. Ota: A lower bound for the number of edge-crossings over the spine of the book embeddings of graphs .....	115
H. Era and M. Tsuchiya: On upper bound graphs whose complements are also upper bound graphs .....	124
P. Frankl and N. Tokushige: The Erdos-Ko-Rado theorem for integer sequences .....	135
H. Imai, S. Iwata, K. Sekine and K. Yoshida: Combinatorial and geometric approaches to counting problems on linear matroids, graphic arrangements and partial order .....	142
Y. Ito, H. Maehara and N. Tokushige: Oriented graphs generated by random points on a circle .....	155
A. Kaneko and M. Kano: Straight-line embeddings of two rooted trees in the plane .....	160
A. Kaneko and M. Kano: Straight line embedding of rooted star forest in the plane ---	171
A. Kaneko and M. Watanabe: String Decomposition of graphs.....	180
H. Maehara, H. Noha: On the graph represented by a family of solid balls on a table .....	192
H. Maehara and N. Tokushige: When does a planar bipartite framework admit a continuous deformation? .....	206
M. Ozeki: On the covering radius problem for ternary self-dual codes .....	217
M. D. Plummer and A. Saito: Closure and factor-critical graphs .....	246
M. Tanemura: The form of space divisions .....	257
S. Tazawa, Y. Lie-Jin and T. Shirakura: Enumeration of labelled 2-connected Euler graphs .....	268
M. Tomihara, O. Hashimoto and K. Asano: On realizable rectangular 4 by $n$ weaving .....	275
K. Ushio: $\hat{S}_k$ -factorization of symmetric complete tripartite digraphs .....	300