Title	2次元トーラス空間における矩形配置のコード表現と最適化
Author(s)	柴田，貴之
Citation	
Issue Date	2008-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/4353
Rights	
Description	Supervisor:金子峰雄，情報科学研究科，修士

2次元トーラス空間における矩形配置のコード表現と最適化

柴田 貴之 (610042)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2008年2月7日

キーワード: 2次元トーラス，VLSIレイアウト，シーケンスペア，矩形配置.

矩形配置問題は，与えられた矩形集合をある座標空間で，矩形同士が互いに重なることなく配置する問題であり，LSIレイアウトなど様々な応用を持つ最適化問題である．このような矩形配置における配置面積の面積最小化などの問題は，NP困難に属することが知られている．

本研究では，2次元トーラス空間における矩形配置問題を取り扱う．2次元トーラス空間は，2つの座標軸が回帰構造を持つ空間であり，矩形集合が有限回，または無限回，周期的に繰り返す空間と捉えることもできる．このような，矩形が周期的に繰り返す矩形配置は，同一の回路構造が繰り返し配置されるメモリ，セルとスイッチボックスが規則的に並ぶFPGAなどのLSIレイアウト問題や，トーラス型ネットワーク構造を持つマルチプロセッサシステムにタスクを割り当てるスケジューリング問題などにも応用することができる．

2次元平面上の矩形配置問題の解表現手法として，シーケンスペア(Sequence-pair)が提案されている．シーケンスペアは，矩形名を要素とする2つの順列Γ_+，Γ_-の順序対の形をとっており，各順列には，全ての矩形名が厳密に1つずつ含まれる．このシーケンスペアは，各矩形の配置座標の情報を持つわけではなく，矩形同士の相対位置関係のみを規定している．従って実際の配置座標は，この規定された相対位置関係から計算にて求めることになる．また，配置最適化はシーケンスペアによって表現された解空間を，Simulated Annealing(SA)やGenetic Algorithmなどの探索アルゴリズムを用いて実現された．このシーケンスペアの考え方は，その後，3次元空間内の直方体パッキングのためのシーケンストリプル(Sequence-triple)やシーケンスクインタプル(Sequence-quintuple)，また，2次元平面上で1つの座標軸のみ回帰構造を持つ一方向繰り返しパッキングのためのシーケンストリプル，周期的に繰り返す配置の効率的な表現方法などへ拡張されている．

本研究にて対象とする2次元トーラス空間では，通常の2次元平面上のパッキング手法であるシーケンスペア，一方向繰り返しでのパッキング手法であるシーケンストリプル，周期的に繰り返す配置の効率的な表現方法等をそのまま使うことはできない．これは，2次元トーラス空間内の矩形配置から抽出したΓ_+，Γ_-から2方向繰り返し配置を導くこと

を考えた場合，1 周期内の相対位置関係だけでなく異なる周期にある矩形同士の相対位置関係を規定する必要があるため，相対位置関係を一意に決定することができないという問題が生じるためである．

これらの問題を解決するため，先ず基準矩形を定め，それによって規定される 1 周期領域と，そこから導かれる周期内矩形集合，拡大周期内の矩形集合を定義する．拡大周期内矩形集合は，周期内矩形のそれぞれを 1 回づつ，また周期境界上の矩形のそれぞれを 2 回づつ含んだものとなっている．提案する 2 次元トーラス空間内配置コードは，この拡大周期内矩形集合の相対位置関係を，シーケンスペアと同じ考え方で表現するものである．提案コードは，同一の矩形が少なくとも 1 回，高々2 回（添字をつけて，各々を区別）現れ，通常のシーケンスペアと区別し，以下では拡大シーケンスペア (Π_+，Π_-) と呼ぶ．拡大シーケンスペアは，矩形数を n としたとき，$\mathcal{O}((2n)!)^2$ のサイズの解空間を持ち，異なる順列は異なる相対位置関係を表す.

本論文では，提案手法である拡大シーケンスペアにおいて，任意の矩形配置に対する対応するコードの存在性，及び有効なコードであるための矩形名の並びの性質，拡大シーケンスペアからのトーラス空間内配置計算法，SA によって拡大シーケンスペアにて規定される解空間を探索するための隣接解生成方法を明らかにしている．次いで，拡大シーケンスペアにより定義される解空間を SA 法により探索を行うプログラムを実装し，矩形配置最適化の実験をおこなった．様々な入力に対して解探索をおこなったところ，繰り返し境界上に矩形が存在しない矩形配置を出力する結果となった．これは，拡大シーケンスペアにおいて特徴的な隣接解生成操作である分離操作 (拡大シーケンスペア上で周期内矩形を周期境界上に変更する操作) にて，隣接解生成時に暫定解より面積効率が非常に悪くなることが多いためと予想され，この点を改善する，より適切な分離操作について考察した.

今後の課題として，拡大シーケンスペアの特徴的な隣接解生成操作である分離，再結合において，配置変化が少ない隣接解生成方法，計算量と解空間の大きさについてより優れた解表現手法の考案が挙げられる．