

自動配置システムの為の空間配置問題の分類とその解法について*

4 J-3

本多一賀^{†§¶} 市原尚久^{†¶} 大和田勇人^{†¶} 溝口文雄^{†¶}東京ガス(株)[§] 東京理科大学 理工学部[¶]

1 はじめに

住宅の新築時やリフォームに伴う間取りの設計, 家具や什器の配置, 店舗のレイアウト, パッキングの問題など, 空間にもものを配置する問題は数多い. これらは一般に複雑であり, 計算機による自動化が期待されている [1]. しかし, 空間配置問題は NP-Complete な問題であるため, 組合せ的爆発を回避できる一般的なモデルの作成は困難である. そこで我々は, このような問題を実用的な時間で解くシステムの作成のために, 個別の空間配置問題に応じた適切な分類と, 分類に基づく設計指針の作成を行っているので報告する.

2 空間配置問題の分類

空間配置問題を解くには, 問題に応じた抽象化, 経験則を導入したアルゴリズムの適用が有効な場合が多い. しかし, 問題ごとに適切なアプローチでの解決方法を選択するには, 問題の特性を知る必要がある. そのために我々は, 問題の特性を知る助けとなる数十の分類基準を設定している. ここでは代表的なものを示す.

- (F1) 配置対象領域の特性 包絡可能な形状か, 配置対象物との相対的な大きさはどうか
- (F2) 配置対象物の特性 グループ化できるか, 幅, 奥行, 高さの特徴と関係, ばらつき, 個数はどうか
- (F3) 対象とする問題で有効な近似の存在
- (F4) 配置方法に関する制約・決まりとその強さ
- (F5) 人間工学的な配慮 配置と機能との関係

3 分類に基づく設計指針

システム化を前提として空間配置問題の解決を図る際に, 先の分類に基いて利用すると極めて有効な解決手法がある.

*An Empirical Study on Implementation of an Automatic Layout System based on Classification of Spatial Layout Problems

[†]Kazuyoshi Honda

[‡]Naohisa Ichihara, Hayato Ohwada, Fumio Mizoguchi

[§]Tokyo Gas Co., Ltd.

[¶]Faculty of Sci. and Tech., Science Univ. of Tokyo

これを我々は空間配置問題の設計指針と呼び, 整理を試みている. ここでは, そのいくつかを紹介する (なお, 極めて重要な over constraint と under constraint の取り扱いについては [3] [4] を参照の事).

指針 1 複雑さを落とす 例を以下に示す.

(M1-1) 次元を落とす 立面図から平面図へ置換

(M1-2) 配置領域の単純化 R の排除による線形化, 多角形近似, 矩形近似等による斜めの排除

(M1-3) 配置対象物に依存した近似 矩形近似, 奥行きに注目した近似, グルーピング

指針 2 人手による修正の程度の設定 システムによる完全自動設計はできないので, 我々の目標は「設計のもとになる下書き」の作成である. しかし「下書き」といっても, 人間のシステムへの関与の程度によって求めるものは違って来る. また, 利用する人や, 修正に使える他のソフトとの存在などによっても違って来る. この点を考慮して適切な「下書き」のレベルを設定する必要がある.

設計指針 3 配置の基準線と配置の最小単位の調査 人間が配置問題を解く場合, 空間上になんらかの配置基準線を設けている. また, その分野における配置位置の移動の最小単位が決まっている. これらを導入することで, 配置はかなり楽になる.

設計指針 4 配置対象物間の重なり回避方法の検討 配置対象物が増えれば増えるほど, 配置対象物どうしの重なりが問題になる. これらを何らかの方法で回避しないと組み合わせ的爆発をまねく.

設計指針 5 経験則の利用前提条件の検討 難しい設計プロセスであっても, 適切な設計手順と経験則の抽出で計算機で容易に解ける場合は多い. ただし, 前提とする利用条件を詳しい調べる事が重要である. 経験による探索は, 前提条件が少しでも異なると全く役に立たない事が良くある. また, 経験則で対象のうちのどれくらいをカバーできるかの検討も必要である.

4 適用例

本節では我々のアプローチの適用例を紹介する。

4.1 業務用厨房設計

問題: レストラン等の厨房の中に、必要な機器を配置する。機器の数は、20個から40個である。

解法: 配置対象は、ドアや開口部を含めれば包絡した多角形で表現できる単一の部屋。壁際の柱は無視できないが、部屋の中心部の柱は無視しても配置上問題はない。配置対象物の機器は、幅や高さは異なるが、奥行きは、60cmを中心として40cm-80cmの間には収まる。また、個別の機器は盛り付け用など、機能ごとにまとまって配置される。

この問題を解くためには、まず、機器幅が平均的であることを利用して次元を落とす。部屋の周囲から配置の基準線を設け、この基準線から人間工学的な通路幅、作業領域を確保して、内部にも配置の基準線を設ける。配置対象は、多角形で近似してもドアや突起が残るので、これらは経験則で処理する。

配置基準線によって二次元配置から一部一次元配置に落とせるため、(1) 機器間の重なりチェック、(2) 配置位置の選択、が容易になる。また配置対象物の数は、機能ごとの機器のグルーピングによって減らす事ができる。一方、機器配置で重要な人間の使いやすさの為の動線の問題は、人間工学に基づく配置線の導出と機器をまとめたゾーン間もしくは、ゾーンと入口、出口との位置関係の導入で解決できる。

我々は、このように分類基準と指針の適用によって、業務用厨房自動設計システム NICE を実用化しているが [2]、このアプローチは類似の空間配置問題である奥行き一定で、幅が異なり、作業領域が限定される、店舗の陳列棚のレイアウト、家庭用家具の配置、教室の机の配置などにも適用できる。

4.2 住宅間取作成

問題: 1, 2階に必要な15個前後の部屋と、部屋に関する希望(制約条件)を与える。更に、敷地、道路の位置などを与えて、部屋の位置と大きさを決定する。

解法: 敷地、配置対象物は、矩形、Rを含む、更に付属物としての道路を含む。配置方法は、一つのフロアに段差があるものや、一階二階にまたがる階段が存在する。

この問題を解くには、修正変更は他のCADシステムのできるの、下書き作成と割り切って、極めて強い

近似を導入する。配置対象は、敷地がよほど広くなければ、法的規制、道路位置によってかなり限定される。そこで、敷地ではなく、この限定エリア(配置可能領域)のみに着目する。道路は、玄関の位置の指定で置き換える。また、大部分は斜めや、Rを含まないので多角形で近似する。配置対象物である部屋の大部分は、収納を分離すれば矩形に近似できる。また、配置方法も、段差のあるフロアはまれなので無視する。ただし、階段だけは一階二階で共通の位置にくる工夫をする。

更にこれらの近似に、配置のための経験則として、「居室は壁を持つ」を利用する。これで、配置対象物の大部分を占める居室の配置の基準線を壁にできる。また住宅の場合、建築の基準寸法を配置の最小単位として使う事で探索空間を減らせる。また、少なくとも壁際の重なりは避けられる。もちろん、これでは、階段や廊下の配置、内部での緩衝のチェック等ができないので、これについては個別に検討する [4]。我々は以上のような分類と指針の適用によって、住宅間取自動作成システム CBP [3] を作成している。

5 おわりに

本稿では、空間配置問題に応じた適切な分類方法と、分類に基づく問題解決に有効な設計指針について示した。更に、我々が実現しているシステムにおける適用例によって、これらが現実問題において有効に働く事を示した。今後は他の現実的な空間配置問題に我々のアプローチを適用し、分類方法の精密化と、有効な設計指針の作成を行う。

参考文献

- [1] Baycan C, *Formulating Spatial Layout as a Disjunctive Constraint Satisfaction Problem*, PhD thesis Carnegie Mellon University 1991.
- [2] Honda K., Yokoyama T., and Katoh C., *A Knowledge base system for commercial kitchen layout*, in Proc. of the 2nd Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, 1992.
- [3] Honda K., Katoh C., Ohwada H., Ichihara N, and Mizoguchi F, *A Floor Planning System Using Constraint Logic Programming*, in Proc. of the 2nd International Conference on the Practical Applications of Prolog, 1994.
- [4] 市原, 本多, 大和田, 溝口, 空間制約充足問題の定式化とその解法, 第49回情報処理学会全国大会講演論文集