5H-1

接触制約に基づく３次元オブジェクトの自動配置手法

赤澤由章[1]　岡田義広[2 3]　新島耕一[2]

九州大学大学院　システム情報科学府[1]
九州大学大学院　システム情報科学研究院[2]
独立行政法人　科学技術振興機構　さきがけ研究「協調と制御」領域[3]

１．はじめに

計算機の性能向上により，３次元応用システムが身近に用いられるようになった．しかしながら，３次元シーンの作成は，各オブジェクトが６自由度をもつことから依然として大変な作業である．近年，この問題を解決するための研究が盛んに行われるようになってきた．指定された面に対し重なりが発生しないように３次元オブジェクトを自動配置する手法[１]が提案されている．この手法は，ミンコフスキー和差を用いて平面上のオブジェクトの重なりを考慮するものであり，床上の配置しか行えない．筆者らは，３次元オブジェクトの形状をバウンディングボックスで簡略化し，その各面が他の３次元オブジェクトとどのような接触関係にあるかを制約として記述することにより，３次元オブジェクトを自動配置する手法[２]を提案している．本稿では，規則的な配置も可能とするように接触制約を拡張した点を重に説明する．

２．オブジェクトの制約記述

オブジェクトの制約の記述形式は，表 1 に示すとおりである．これは，オブジェクトの種類毎に定義され，クラス情報としてデータベース化される．

２．１　バウンディングボックスと占有空間

図１に示すように，３次元オブジェクトのバウンディングボックスについて接触制約を記述するという簡略化を行っている．これにより，３次元オブジェクト同士の重なりを避けるための計算も高速化される．また，占有距離(distance)と占有空間の概念[２]を導入し，占有空間に対して重なりを避けることで，３次元オブジェクトの自動配置を行う．占有空間とは，機能上必要な空間のことである．例えば，机では，人が座るために，その前面には別のオブジェクトが存在してはいけないといった機能上必要な空間(face 1: distance = 0.5)がある．

２．２　オブジェクト間の親子関係と接触制約

各オブジェクトは，必ず親となるオブジェクトの上に配置されていたり，横にくっつけられていたりする．このような親子関係上の接触制約(face 4: parent = ot1)のほかに，棚が倒れないように壁に接触させるという場合の機能上の接触制約(constraint)を各面に定義する．３次元オブジェクトはこれらの制約を満たすように自動配置される．また，内部に別のオブジェクト(inside component)が配置されることもある．

Automatic 3D Objects Layout Method Based on Contact Constraints
[1]Yoshiaki Akazawa
[1,2]Yoshihiro Okada, [1]Koichi Niijima
[1]Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University
[2]Intelligent Cooperation and Control, PRESTO, JST

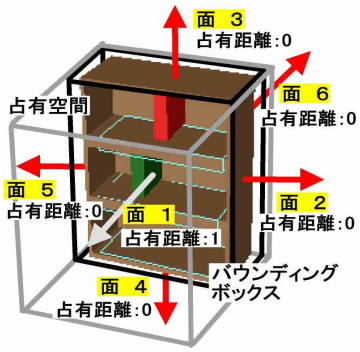

図１：３次元オブジェクトの占有距離と占有空間

表１：接触制約の記述形式

ot_4(desk)

face	distance	parent	constraint	Inside component	connection width	connection depth	connection face	ratio
1	0.5	×	-	ot_6	3	2	-	2
2	0	×	-				face 5	
3	0	×	-				-	
4	0	ot_1	×				-	
5	0	×	-				face 2	
6	0	×	-				face 6	

OT(Object Type); {ot_1, ot_2, … , ot_n}

(ot_1=floor, ot_2=wall, ot_3=ceiling, ot_4=desk, ot_5=TV, ot_6=shelf, ot_7=bookshelf…)

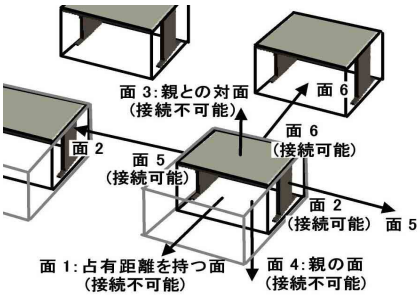

図２：机オブジェクトの連結配置

２．３　連結配置制約と等間隔配置制約

現実世界においては，同じオブジェクトを連結して配置することがある．例えば，図２に示すように，机をいくつか配置する場合，机同士を一定数連結して配置することが多い．このような配置を実現するために，連結配置制約を導入した．オブジェクトを連結する場合，どの面同士でも連結できるわけではない．例えば机の場合，面４は机の親である床に接するため，連結不可能である．また，面４と反対向きの面３は他のオブジェクトが上に載る面であり，同一のオブジェクトが連結されることはない．これは机に限らずすべてのオブジェクトに当てはまるため，親と接触する面とその反対の面は連結不可能な面とする．さらに，面１は机の正面で人が座るための占有距離を持っているため，連結しない．これら以外の面は連結可能である．しかし，オブジェクトの連結面の

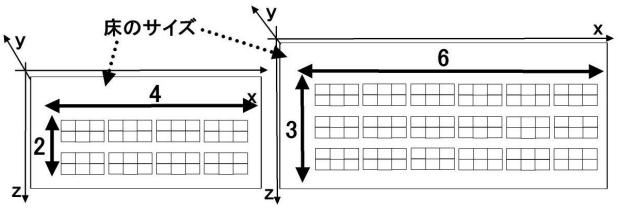

図３：配置割合に基づく連結した机オブジェクトの等間隔配置

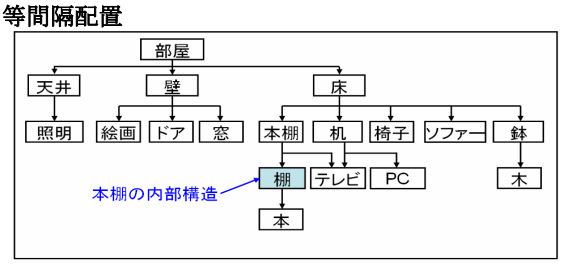

図４：自動配置のための階層構造

組み合わせは，形状や接触制約により制限を受ける．机の場合，図２に示すように，面２は連結される机の面５と接する．面５も同様に連結される机の面２と接する．机の面６は，連結される机の面６と接する．これらは，連結配置制約(connection face)として表１のように各面について記述する．また，連結させる数には制限がないため，横の数(connection width)と縦の数(connection depth)を指定し制限する．このデータベースに記述される数値(connection width = 3, connection depth = 2)は基準値であり，自動配置の際に別の数値を指定することもできる．

同種のオブジェクトあるいは，連結配置されたグループをさらに配置する場合，図３に示すような等間隔に並べて配置することが多い．この制約を等間隔配置制約と呼ぶ．表１に示すように，等間隔配置する際の横方向（ｘ軸方向）の個数と奥行き方向（ｚ軸方向）の個数の比(ratio = 2)を制約として記述する．データベースに記述される数値は基準値であり，自動配置の際に別の数値を指定することもできる．等間隔配置の際の，オブジェクト（連結グループ）間の距離は，等距離になるように配置面の面積から自動的に計算される．等間隔配置制約が記述されていないオブジェクトは，ランダム配置が行われる．

３．配置手法

オブジェクトの自動配置は，表１に示されるレコードからなるデータベースを用いる．すべてのクラスには親子関係があり，図４に示すクラス階層が生成される．これらの情報を用いてオブジェクトの自動配置を行う．配置結果からユーザが良いと判断したものを選択する．自動配置システムが行う配置手順を以下に示す．

1. 生成された階層構造の内，まだ選ばれていない，より階層の高いクラスの内，より制約条件の多いクラスを選択する．この際，等間隔配置が指定されているものを優先する．
2. 1 において選ばれたクラスに属するオブジェクトに対し，連結配置が指定されている場合，連結配置を行う．
3. 2 において選ばれたオブジェクトに対し，等間隔配置が指定されている場合，等間隔配置を行う．

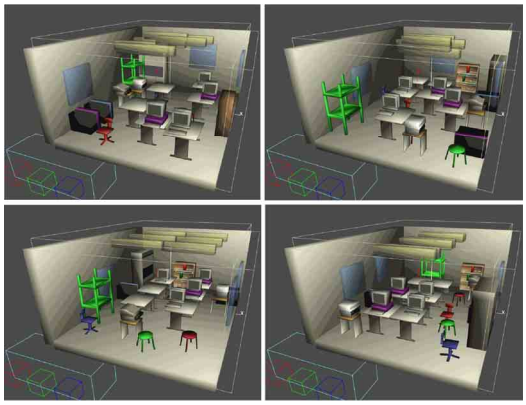

図５：プロトタイプシステムの実験結果の４例

4. 3 において，等間隔配置が指定されていない場合，ランダム配置を行う．
5. 4 においてランダムに配置したオブジェクトが，他のオブジェクトの占有空間を侵食する場合，そのオブジェクトのランダム配置をやり直す．
6. 2～5 の手順を，選ばれたクラスに属するオブジェクトがなくなるまで行う．
7. 1～6 の手順を，すべてのクラスに対して行う．

接触制約が多いオブジェクトは，複数の面と接するため配置可能な場所が制限される．手順１において，制約条件の多いオブジェクトを先に配置するのはこのためである．

４．実験

プロトタイプシステムの実験結果を図５に示す．比較的狭い空間に対し，３２個のオブジェクトを配置した．図５の左上と右上は，通常のランダム配置をしたものであり，左下は窓とライトと机を等間隔配置したもの，右下はライトと机を連結配置して等間隔配置したものである．実験に使用したマシンは，2GHz の Pentium4 CPU と 1GB のメモリで構成される．計算時間は１つのシーンの生成につき高々数秒である．

５．おわりに

本稿では，３次元オブジェクトを自動配置するための接触制約に基づく手法を提案した．本手法は，３次元オブジェクトの形状をバウンディングボックスで簡略化し，その各面が他のオブジェクトとどのような接触関係にあるかという制約をもとに自動配置するものである．大規模な３次元シーンを作成する場合にも自動生成された配置例から好みのものを選ぶだけでよく，専門的な技術や知識を必要としない．本提案手法のプロトタイプシステムによる実験結果を示した．今後本手法の改良を行う予定である．

参考文献

[1] K. Xu, A. J. Stewart, and E. Fiume, “Constraint-Based Automatic Placement for Scene Composition”, Graphics Interface, pp. 25-34, 2002

[2] 赤澤由章，岡田義広，新島耕一：３次元シーン自動生成のための３次元オブジェクト自動配置法，第２回情報科学技術フォーラム（情報処理学会・電子情報通信学会）ＦＩＴ２００３，一般講演論文集第３分冊，pp. 597-598, 2003.