

分解式による部分組立の最適化

5AD-6

岡山理科大学 ○田中雅次、金枝敏明 京都高度技術研究所 岩間憲三 立命館大学 渡部 透

1. はじめに

組立図より組立手順を自動生成する研究は多く行われているが、可能な組立手順を AND/OR グラフなどにより全て表し、最適手順を求めるような方法では、組立図を構成する部品数の増加と共に、その情報量が指数関数的に増大する問題が起こる。したがって、最適な部分組立を求めることが課題となる。この主要な研究としては、liaison グラフにおいて部分組立の領域を求める方法が提案されている[1]が、このグラフは部品間の接触関係のみを表し、組立時の幾何学的な拘束関係を表せないため、実用上種々の問題が発生すると考えられる。

本研究では、著者らが先に行った連立分解式による組立手順の自動生成法[2]の、部分組立の最適化への適用を行う。本手法では、二つの部品間の組立関係の重ね合わせより、最適な部分組立を求めるようにする。

2. 部品間の分解可能性と分解式

組立図 X は n 個の部品からなり、 $X = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ とする。組立図 X において、組立関係にある任意の二つの部品を P_i, P_j とする。 P_i, P_j 間の組立関係を、次の三つの要素において定義する。なお、三要素の中で、可動方向と可動範囲は、与えられた組立図より自動的に計算可能であるが、組立方法はユーザが与えるようにする。

[可動方向] P_j に対して P_i を動かせる方向を、 P_i の P_j に対する可動方向とし、その集合を $V(P_j \rightarrow P_i)$ とする。部品同士が一つの面のみで接触している場合など、可動方向が無数に存在する場合は、代表的方向を選択する。図1の例題では、部品間の接線方向とその垂直方向を代表的方向としている。

[可動範囲] $V(P_j \rightarrow P_i)$ の一つの要素を v とするとき、 v 方向に P_i を動かせる範囲を、 P_i の P_j に対する v 方向における可動範囲とし、その距離を $V(P_j \rightarrow P_i; v)$ とする。この可動範囲が他の部品によって拘束されなければ、 P_i は P_j に対して v 方向に分解可能となる。
[組立方法] 二つの部品間の組立方法を定義 (Bolt, Press など) し、その難易度を数量化しておく。図1の例題では、Bolt=4, Press=2 としている。

組立図 X において、 P_i を P_j から v 方向に動かすとき、 P_i に接触してその動きを妨げる部品の集合 $B(P_j \rightarrow P_i; v)$ は、次式(1)で表される。

$$B(P_j \rightarrow P_i; v) = \{P_a \mid P_a \in X, v \in V(P_a \rightarrow P_i)\} \quad (1)$$

ここで、 P_i と $B(P_j \rightarrow P_i; v)$ の全ての要素を合わせた一つの部分を $P_i B$ とするとき、 $P_i B$ に接触してその v 方向の動きを妨げる部品の集合は、次式(2)で表される。

$$B(P_j \rightarrow P_i B; v) = \{P_a \mid P_a \in X, v \in V(P_a \rightarrow P_i B), P_a \in B(P_j \rightarrow P_i; v)\} \quad (2)$$

同様に、妨害部品を次々と求め、これらを P_i と部分化していくと、組立図 X における P_i の P_j からの v 方向における分解可能性が明らかとなる。

本手法では、このような二つの部品間の分解可能性を全て明らかにすることで、部分組立の候補を生成する。式(1), (2)を分解式とすると、本手法はこれら分解式の適用によって部分組立を求める。最適な部分組立を生成する基準は、二つの部分組立間において、1)部品数の差を最小にする。2)接触している部品数を最小にする。3)組立難易度を最小にする。の三つとする。

3. 例題

図1の例題は、8個の部品からなる組立図である。組立関係にある二つの部品間の関係を表1に示す。例えば、BのAに対する組立方法は Press であり、その可動方向は(0, -1)である。Bを(0, -1)方向に動か

Optimization of Subassemblies by Disassembly Equations
Masaji Tanaka, Toshiaki Kaneeda, Kenzo Iwama* and
Tohru Watanabe**

Okayama Univ. of Science, 1-1 Ridai-cho, Okayama 700

*ASTEM RI, 17 Shimogyo, Kyoto 600

**Ritsumeikan University, 1916 Noji, Kusatsu, Siga 525

すとき、Dが妨害部品となる。そこで部分BDを動かすと、Hは宙に浮いてしまう。そこでさらに部分BDHを動かすと、これは対する部分ACEFGより分解可能となる。逆に、AをBから(0,1)方向に動かすと、部分ACが部分BDEFGHより分解可能となる。

これらの部分組立は、AとBを核にして生成されたものであるが、 $\{A, B, C, D, E, F, G, H\} - \{B, D, H\} - \{A, C\} = \{E, F, G\}$ となる部品E, F, Gからなる部分EFGにおいては、AとBを核にした部分組立を最適化する上で、さらに最適な部分組立への分解を進められる。結果としてEFGは、EとFGまたはEFとGに分解できるので、結論として表2のような部分組立の候補が生成される。本手法では、このように部分組立の最適化を、全体から個々の部品に至るまで、階層的に進めて行くことで得られるようにする。

表2のScoreは、二つの部分組立間における、(構成部品数の差、接触部品数、組立難易度)を表したものである。いずれを優先するかは、ユーザが決めることであるが、簡単に三つの数の和をとってみると

(ABEFG, CDH)が最小値をとる。従ってこれらが組立図を二つに分解する上での最適な部分組立となる。

4. おわりに

本論文では、二つの部品間の関係より分解式を立て、これを解くことで部分組立を生成する手法を述べ、実際の最適部分組立の生成過程を例題を用いて示した。本手法は、組立関係の定義を拡張することで、3次元組立図においても適用可能である。

参考文献

- [1] Lee, S. and Shin, Y. G. : Assembly Planning Based on Subassembly Extraction, IEEE Intl. Conf. on R & A, pp.1600-1605(1990).
- [2] 田中雅次, 岩間憲三 : 連立分解式による組立図からの組立手順の自動生成法, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.9, pp.1912-1921(1991).

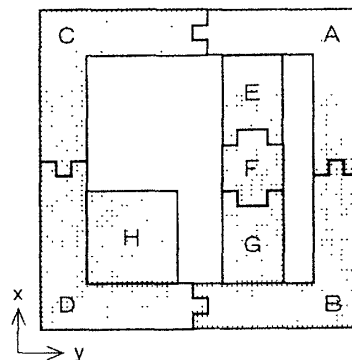


図1 組立図の例題

表1 部品間の組立関係

Parts	Method	Direction
A → B	Press	(0,-1)
A → C	Press	(-1,0)
A → E	Bolt	(-1,0),(0,-1),(1,0)
B → D	Press	(-1,0)
B → G	Bolt	(-1,0),(0,1),(1,0)
C → D	Press	(0,-1)
D → H	Bolt	(0,1),(1,0)
E → F	Press	(0,-1)
F → G	Press	(0,-1)

表2 部分組立候補

Parts	Subassembly	Direction	Score
A → B	ACEF, BDGH	(0,-1)	0, 3, 6
A → C	ABEFG, CDH	(-1,0)	2, 2, 4
A → E	AC, BDEFGH	(0,-1)	4, 3, 8
B → D	ABEFG, CDH	(-1,0)	2, 2, 4
B → G	BDH, ACEFG	(0,1)	2, 3, 8
C → D	ACEF, BDGH	(0,-1)	0, 3, 6
D → H	nothing		
E → F	ACE, BDFGH	(0,-1)	2, 3, 8
F → G	ACEF, BDGH	(0,-1)	0, 3, 6