

S&MA 基盤「品質工学ツール(JIANT)」の構築・維持

報告書番号：R19JH2900

利用分野：事業共通

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2019/11476/

● 責任者

泉達司, 安全・信頼性推進部

● 問い合わせ先

角 有司 JAXA 安全・信頼性推進部(kado.yuji@jaxa.jp)

● メンバ

角 有司, 谷中 洋司, 中川 貴文

● 事業概要

JAXA が開発した品質工学ツール(JIANT)を利用して、非線形シミュレーションへの適合性評価を行う。ここでは、京大生存圏研究所が所有する木造建築耐震シミュレータ wallstat を活用し、パラメータ成立範囲の算出などを実施する。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

スパコンを利用する目的は、計算の高速化である。wallstat の計算は一般的な PC では 1 ケース 40 分かかる。品質工学ツールでは、1 回のケーススタディで 6000 回の計算を行う必要があるため、トータルで 160 日かかる計算となる。

● 今年度の成果

ここでは、第 27 回品質工学研究発表大会(2019.6.29)にて発表した内容を添付する。品質工学とは、設計から運用で発生する外乱(材料のばらつき、製造のばらつき、運用のばらつき、等)に対して耐性を持つ(ロバストな)製品を設計する方法論であり、自動車、電気メーカなどで広く使われている手法である。品質工学は 3 水準の L18 直交表が良く使われるが、本研究では 11 水準の L121 直交表の利用を可能としており、JSS2 との連携を可能としている。また、木造建築の分野ではロバスト設計は広まっていないことから、京大生存圏研究所との共同研究で、検討に着手したものである。品質工学、スパコン、木造建築の 3 つの組合せは過去に例がない点、我が国の重要課題(耐震設計)の解決に向けて良い成果が得られている事から、本研究は金賞を受賞した。

図1.品質工学ツール(JIANT)の利用フロー

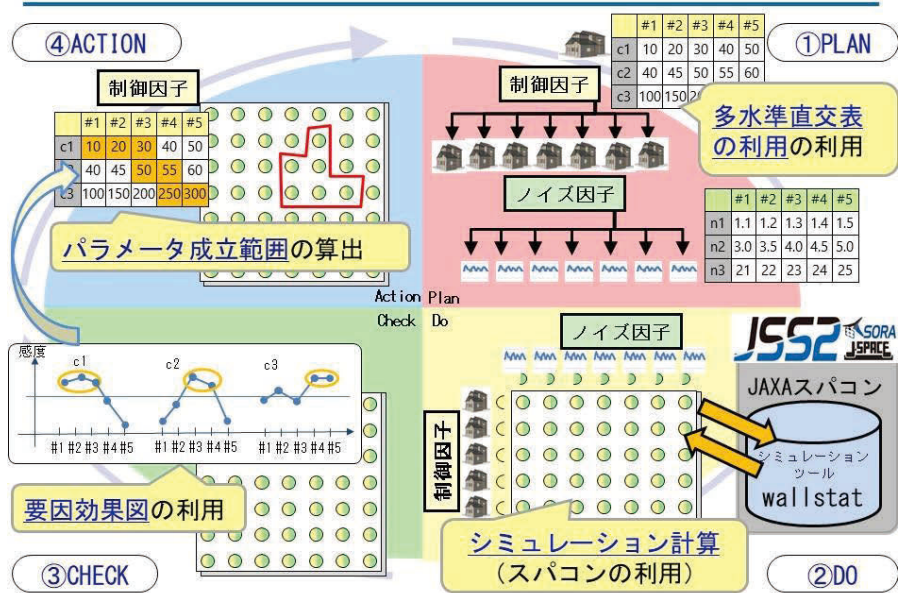


図 1: JAXA が開発した品質工学ツールの全体フローを示す. この PDCA サイクルを繰り返すことで, パラメータ成立範囲を算出する手法は, JAXA のオリジナルの手法である.

図2.多水準直交表によるパラメータ定義

【誤差因子】 : L49直交表を使用
 総当たり計算では $7^3 = 343$ (回)を49回の計算で代替

No	パラメータ名 (単位)	水準1	水準2	水準3	水準4	水準5	水準6	水準7
1	地震波振幅 (倍)	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
2	地震波方向 (度)	0.0	30.0	60.0	90.0	120.0	150.0	180.0
3	地震波周波数 (Hz)	70.0	75.0	80.0	85.0	90.0	95.0	100.0

【制御因子】 : L121直交表
 総当たり計算では $11^6 = 177$ 万(回)を121回の計算で代替

No	パラメータ名 (単位)	水準1	水準2	水準3	水準4	水準5	水準6	水準7	水準8	水準9	水準10	水準11
1	SS500車W (倍)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
2	601引張軸かい (倍)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
3	701圧縮軸かい (倍)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
4	202CP-L (倍)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
5	500車W (倍)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
6	500車W (倍)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2

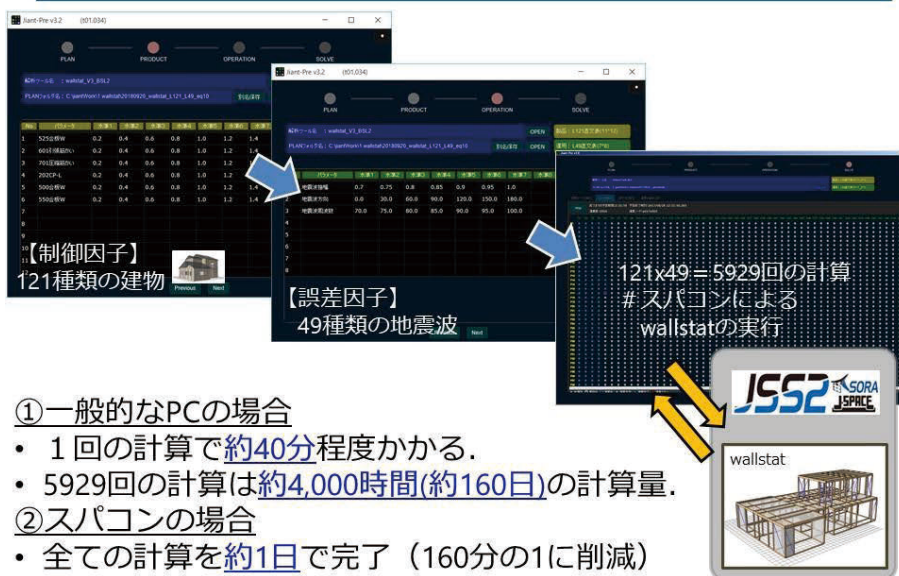
49個 (誤差因子) と 121個 (制御因子) の直交表が示されています。

総当たり計算(177 万 $\times 343 =$ 約6億(回))に比較し
 $121 \times 49 = 5,929$ (回)の計算で実施 (約10万分の1の計算量)

ISS2 成果利用

図 2: 今回の検討で利用した直交表を示す. 自動車・電機業界などでは3水準のものが利用されるが, JAXA では, 7水準, 11水準の多水準直交表を利用している.

図3.JAXAスパコン(JSS2)による計算



①一般的なPCの場合

- 1回の計算で約40分程度かかる。
- 5929回の計算は約4,000時間(約160日)の計算量。

②スパコンの場合

- 全ての計算を約1日で完了（160分の1に削減）

JSS2 成果利用

図3: 直交表を利用する事で、総当たり6億ケースの計算が約6000回まで減らせるが、それでも今回のシミュレータ(wallstat)では160日かかってしまうので、JSS2を利用することで、約1日で完了する事が出来た。

図4.結果まとめ



- **大地震**(500年に一度)で倒壊せず、**中地震**(50年に一度)で**変形**しない木造建築の耐震設計法を提案した。
 - **多水準直交表**による非線形シミュレーションへの対応。
 - 感度（もしくは保形性）を利用した、PDCAサイクルによる**パラメータ成立範囲の算出**。
 - **安全率**を導入する事で、材料・加工のバラつきに配慮。
 - **低コストな部分耐震法**にも対応可能。

No.	パラメータ名 (単位)	水準1	水準2	水準3	水準4	水準5	水準6	水準7	水準8	水準9	水準1.0	水準1.1							
1	525合板W (倍)	0.20	-	0.40	-	0.60	-	0.80	-	1.00	1.20	1.37	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.50	3.00
2	601引張筋かい (倍)	0.20	-	0.40	-	0.60	-	0.80	-	1.00	1.20	-	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.50	3.00
3	701圧縮筋かい (倍)	0.20	-	0.40	-	0.60	-	0.80	-	1.00	1.20	-	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.50	3.00
4	202CP-L (倍)	0.20	-	0.40	0.53	0.60	-	0.80	-	1.00	1.20	-	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.50	3.00
5	500合板W (倍)	0.20	-	0.40	-	0.60	0.76	0.80	0.87	1.00	1.20	-	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.50	3.00
6	550合板W (倍)	0.20	0.30	0.40	-	0.60	-	0.80	-	1.00	1.20	-	1.40	1.60	1.80	2.00	2.20	2.50	3.00

- 一品目の製品に対する、機能性評価を行う方法として、さらに検討を進め、**宇宙分野へ展開**していきたい。

JSS2 成果利用

図4: 最終的に得られたパラメータ成立範囲を図4に示す。この範囲にしておけば、建築基準法に規定された大地震(500年に1度)で倒壊せず、中地震(50年に1度)で変形しないことが保証できる。なお、2019年度は同様の考え方で衛星設計などにも取り組んでおり、成果は学会発表をしている。

● **成果の公表**

-査読なし論文

角有司, 中川貴文, 多様な地震波に対するロバストな木造建築の耐震設計手法の研究, 品質工学会, 第 27 回品質工学研究発表大会,2019.6.29

角有司, 青山和浩, 双対設計工学の提案と火星惑星探査機 MMX の着陸シミュレーションへの適用, 日本機械学会 1DCAE/MBD シンポジウム 2019,2019.12.4

角有司, 中川貴文, 野竹彰宏, 青山和浩, 双対設計工学による木造建築耐震問題への寄与と森林環境の持続的発展に向けた考察, 第 10 回横幹連合コンファレンス, 2019.11.30-12.1

角有司, 馬場満久, 大槻正嗣, 原悟, 錦織知彦, 品質工学を利用した MMX 着陸シミュレーションのロバスト性評価, 第 63 回宇宙科学技術連合講演会, 2019,11,6

-招待講演

角有司, 品質工学の JAXA 標準書設定の意義と宇宙航空産業における品質工学への期待, 品質工学会, 第 12 回品質工学技術戦略研究発表大会 (RQES2019A) ,2019.11.4

角有司, ロケット・人工衛星開発における品質管理について,建築コンサルタンツ協会 品質向上委員会, 2020,2.27

角有司, JAXA における宇宙開発の現状と品質工学への期待, 品質工学会 NMS 研究会 春の公開討論会 2020.2.1

角有司, 設計の大空間と評価判断:1DCAE と品質工学, ニュートンワークス社セミナー, MBD の本質をめざして 2019,9.12

角有司, 1 D C A E と大空間でのパラメータ設計と品質工学

②品質工学によるロバスト性の評価, ニュートンワークス社セミナー, 第 13 回 System Simulation Symposium 2019,7.12

角有司, 品質工学ツール (JIANT) による設計のロバスト性向上と情報連携について, 日本計算工学会 HQC 研究会 第 5 回研究会, 2019.3.5

-その他

<http://www.rqes.or.jp/awards/presentationAward/presentationAwardList.html>

品質工学会 受賞一覧

● **JSS2 利用状況**

● **計算情報**

プロセス並列手法	非該当
スレッド並列手法	非該当
プロセス並列数	1
1 ケースあたりの経過時間	7200 秒

● 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.08

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合※2 (%)
SORA-MA	0.00	0.00
SORA-PP	174,250.33	1.13
SORA-LM	0.00	0.00
SORA-TPP	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	23.84	0.02
/data	49,066.57	0.84
/tmp	4,882.81	0.41

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	0.00	0.00

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合