

施工図作成の自動化(2020)

2021/6/22 (2020/10-2021/4)

設備システム研究会WG1

1

目次

1. テーマ
2. 背景
3. 目標
4. 課題
5. 体制
6. 初年度の実施予定
7. イメージの共有
8. 自動化の到達レベル
9. 機器配置の試行
10. 設計事務所との意見交換
11. 施工ルールの抽出
12. 初年度の実施結果

2

1. テーマ

- 施工図作成の一部または全部を自動化する手法を研究・開発する。

3

2. 背景

- 生産性向上と働き方改革（現場管理業務に占める施工図作成業務は約2割、施工図作成スキルの学習に要する期間は約2年）→ニーズ
- AIの活用（コンピューターの大容量化と高速化）→シーズ
- BIM（より詳細かつ正確なデータへの要求、シンボルから実体へ）→シーズ

4

3. 目標

- 施工ルールに基づく機器配置、配管配置、ダクト配置の自動化（施工ルールを禁則化または評価化して探索条件とする）
 - 禁則は例えば「配管は柱を貫通してはならない」、評価は例えば「配管は梁を貫通しないほうがよい」など。

5

4. 課題

- 理解を越える自動化には信頼性の熟成が必要（処理内容の非ブラックボックス化）
 - 特に技術者のユーザーは懐疑心が強い。
 - HPや学会発表などでの広報により業界全体への浸透を図る。
 - 自動運転の開発・普及は追い風として期待できる。自動運転になぞらえて、到達レベルを自動化1.0、2.0・・・のように設定し、具体化する。

6

5.体制/WGメンバー

- 当会の会員であって、上記テーマに興味がある者（ユーザーとベンダー双方）
→2020年11月にメンバーを新規募集した結果は、10名。

(株)朝日工業社	平泉 尚 (サブリーダー)	(株)ダイテック	井上直樹
(株)NYKシステムズ	石橋 朋也	(株)富士通四国インフォテック	三瀬 雄嗣
(株)NYKシステムズ	川上 裕二	(株)ヤマト	北村 秀弘
(株)三晃空調	畠田 博之	(株)四電工	田口 尚文
須賀工業(株)	向來 信		三木 秀樹 (リーダー)

7

5.体制/アドバイザー

- 自動設計の技術論や特許も重要になるため、アドバイザーとして、九州大学大学院のK先生に協力を仰ぐこととした。
- 3月31日に三木がK先生を訪問し、意見交換した。
- 時期をみて、WGメンバーを含めた意見交換会を行いたい。

8

6.初年度の実施予定

- イメージの共有 (夢、楽しさ)→何ができればどう変わるかを想像する。
- 既存の研究の調査 (論文、特許)→必要に応じて
- 施工ルール of 調査 (当会発行マニュアルの利用)
- WGアドバイザーの選定とコンタクト (人脈、ネット)→必要に応じて
- 知的所有権の扱い方 (シス研、参加メンバー)→参加メンバーが不利益を被らないようにしたい。

9

7.イメージの共有 / 意見徴収

- ブレインストーミングとして、メンバー各自に「現状の施工図と同レベルの施工図の作成が自動化されたら、どう変わる(何が起こる)」かについて意見を徴収した。
- 前提条件は、
 - 良いことも悪いことも自由に想像する。
 - コンピューターの能力は無限であると仮定する。
- 意見の総数は、195件。

10

7.イメージの共有 / 分類と傾向

- 各意見を下記のように分類した。一つの意見が複数に分類されることもある。
- 肯定的な意見が多いが、否定的な意見も少なくない。

分類	件数	分類	件数
業務量減	55	施工変化	20
業務量増	9	職務変化	27
品質向上	40	企業変化	23
品質低下	14	その他	84
収益増	19		
収益減	5		

11

7.イメージの共有 / 主な肯定的意見

- 図面の品質が一定になり、施工ミスが減る。
- 施工図を作成・変更する手間や、取り合い調整の手間が減る。
- コストを早く、精度よく積算できる。コストシミュレーションが容易になる。
- プレファブ加工やロボット施工へ展開できる。
- 生産性が向上する。その結果、働き方改革、労働人口減少の補完などに寄与する。

12

7.イメージの共有 / 主な否定的意見

- 技術者が図面を読み書きできなくなる。その結果、技術者の技術力が低下する。
- サブコン各社の差別化が難しくなる。また、存在意義が薄れる。
- 設計事務所やゼネコンがサブコンから設計業務を奪う。
- 計算条件の入力に手間がかかる。また、計算条件の維持管理が難しい。
- 計算に誤りがあった時の責任はどうか。
- 一足跳びに自動化は進まない。

13

7.イメージの共有 / コメント付与

- 各意見に対して、コメントを徴収した。
- 特に、否定的意見に対して、認識を深め、対策の糸口を見出したい。
- 否定的意見をそのままにしておくと、反発が生まれ、推進力が弱まる。
- ただでさえ、新しい技術はさまざまな変化を生じ、変化には不安が伴う。
- CADやBIMも普及には長い時間がかかった。

14

8. 自動化の到達レベル

- 一足跳びに自動化は進まない。
- 難易度や実用性を基に、到達レベルを考え、徐々に進めていく。
- メンバー各自に、到達レベルについて、意見徴収をおこなう予定。

15

8. 自動化の到達レベル/定義(自動設計)

- 自動運転では主体(人・車)と走行領域(限定的・限定なし)をもとに、5段階(手動運転に相当するレベル0を含めると6段階)の到達レベルが定義されている。
- この自動運転の到達レベルを参考として、自動設計における到達レベルを、主体(人・ソフト)と適用領域(限定的・限定なし)をもとに、5段階(手動設計に相当するレベル0を含めると6段階)に定義した。
- この定義に対して、メンバー各自に達成年を含む意見を徴収した。

16

8. 自動化の到達レベル/定義(自動設計)

段階 名称	主体	適用領域	定義	イメージ
0 手動設計	人	-	設計者が常にすべての設計（負荷計算、システム選定、機器選定、機器配置、経路配置）を行う。設計自体を行わない支援システムもレベル0に含む。	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピューターソフトを利用する以前。 ・コンピューターソフトを利用する場合でも、汎用ソフトのみを利用する場合はこれに含む。
1 設計支援	人	限定的	負荷計算、システム選定、機器選定、機器配置、経路配置のいずれか単一をシステムが支援的に行う状態。	<ul style="list-style-type: none"> ・コンピューターソフトを利用しているが、個々のサブシステムの入出力を人がつないでいる。 ・現状では、負荷計算ソフトはあるが、他はないか、市販されていない。
2 部分自動設計	人	限定的	システムが、負荷計算、システム選定、機器選定、機器配置、経路配置のうち同時に複数行う状態。設計者は常時、設計状況をチェックし、必要に応じて修正する必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・サブシステムが徐々に連携する。 ・全てのサブシステムがメインシステムの下に連携すれば、設計ソフトができる。
3 条件付き自動設計	ソフト	限定的	簡易な案件で、システムが負荷計算、システム選定、機器選定、機器配置、経路配置を行い、システムが要請したときは設計者が対応しなければならない状態。通常時は設計者は設計から解放されるが、システムが扱いきれない状況下には、システムからの要請に設計者は適切に応じる必要がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・簡易な案件とは、設計手法が既知であり、かつ質的に低、量的に小であるもの。
4 高度自動設計	ソフト	限定的	通常の案件でのみ、負荷計算、システム選定、機器選定、機器配置、経路配置を全てシステムが行い、設計者が全く関与しない状態。基本的に設計者が設計修正する必要は無いが、通常の案件でない人間的设计が必要になる。	<ul style="list-style-type: none"> ・通常の案件とは、設計手法が既知であるもの。 ・通常の案件でないものとは、新たに設計手法を調査・開発する必要があるもの。
5 完全自動設計	ソフト	限定なし	無人設計。考え得る全ての案件で設計をシステムに任せる状態。通常の案件でない時も設計者の設計修正は必要ない。設計とチェックをすべてシステムに委ねる。	<ul style="list-style-type: none"> ・通常の案件でない場合でも、システムが通常の案件の設計手法を分析・拡張して対応する。

17

8. 自動化の到達レベル/定義(自動設計)への主な意見

- 現在の到達レベルは1。
- 到達レベル5の達成年は予想が難しい。予想は10年～15年、あるいはそれ以上。
- 自動設計システムは、負荷計算、システム選定、流量計算、機器選定、機器配置、経路配置などのサブシステムから成るが、WGでは機器配置と経路配置のサブシステムを対象とするほうが良い。

18

8.自動化の到達レベル/ 定義(機器・経路配置)

- 改めて、機器配置(天井面・機械室)と経路配置を対象として、到達レベルを定義した。
- 現在の到達レベルは1。最終の到達レベルは5で、機器配置と経路配置を連携する。機器配置を基に経路配置をおこなうが、経路配置が困難であれば、機器配置を変更することもありうるため。サブシステムの連携は自動設計の到達レベル2に相当する。
- この定義に対して、メンバー各自に達成年を含む意見を徴収した。

19

8.自動化の到達レベル/ 定義(機器・経路配置)

自動機器配置(天井面)のレベル			
段階	名称	定義	達成
0	手動設計	設計者が紙の図面上で機器配置を行う。	
1	設計支援	設計者がCAD上で機器配置を行う。機器の寸法と個数、および配置領域を与えると、機器を均等に配置する支援機能を含む。また、機器の個数が未知でも、拡散領域を与えると、機器を均等に、かつ拡散領域に漏れないように配置する支援機能を含む。	
自動機器配置(機械室)のレベル			
段階	名称	定義	達成
0	手動設計	設計者が紙の図面上で機器配置を行う。	
1	設計支援	設計者がCAD上で機器配置を行う。機器寸法にはメンテナンス空間を含む。	
自動経路配置のレベル			
段階	名称	定義	達成
0	手動設計	設計者が紙の図面上で経路配置を行う。	
1	設計支援	設計者がCAD上で経路配置を行う。流量を与えると、寸法を計算する支援機能を含む。また、経路の始点と終点を与えると、経路を配置する支援機能を含む。	
2	設計支援(干渉確認)	上記に加え、柱や梁などの障害物を与えると、これらとの干渉を避けて経路を配置する支援機能を含む。また、経路同士の干渉を避ける支援機能を含む。	
3	設計支援	上記に加え、勾配や鳥居配管の禁止などの施工ルールに則った経路を配置する支援機能を含む。	
4	部分自動設計	上記に加え、バルブや支持材などの付帯物を自動配置する支援機能を含む。	
5	完全自動設計	機器配置と連携する支援機能を含む。	

20

8. 自動化の到達レベル/ 定義(機器・経路配置)への主な意見

- 到達レベル5の達成年の予想は5年～10年。
- 施エールールの収集次第では、到達レベル4の達成年は1～2年と予想する意見もあった。
- 機械室の機器配置の自動化は、現状では道筋が見えず実現は難しいとの意見が多かった。

21

9. 機器配置の試行/機械室

- 機械室への機器配置の自動化には具体的なイメージの共有が必要。
- そのための試行として、形状が異なる要素を空間に隙間なく配置するポリオミノゲームを解くプログラムおよび説明文を作成・共有した。

Automatic Layout

Cell x 8 Parts 13 VRML out N
 Cell y 8 Calc sec. max 3600 Cell len 500
 Symb obst ■

Calc Forward Backward Erase Initialize

Calc sec. 3600 Sol no. 580 Parts no. 12

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	I	P	P	P	L	L	L	L
2	I	P	P	Z	L	Y		
3	I	Z	Z	Z	T	Y		
4	I	Z	T	T	T	Y	Y	N
5	I	X	F	F	T	Y	N	N
6	X	X	X	F	F	W	N	V
7	U	X	U	F	W	W	N	V
8	U	U	U	W	W	V	V	V

22

9. 機器配置の試行/天井面

- 機械室と同じく、天井面への機器配置の自動化にも具体的なイメージの共有が必要。
- そのための試行として、拡散領域天井面への機器配置の試行として、拡散領域を解くプログラムおよび説明文を作成・共有した。

Automatic Layout for outlet

Cell x: 8 Cell y: 8
 Radius: 2 Fill: Y
 Symb obst: ■ Symb outlet: @ Symb cover: ○

Calc Clear Initialize

Obst cells: 4 Outlet cells: 2 Void cells: 37

	1	2	3	4	5	6	7	8
1			○					
2		○	○	○				
3	○	○	@	○	○			
4		○	○	○				
5			○		■	■	○	
6					■	■	○	○
7						○	○	@
8						○	○	○

23

9. 機器配置の試行/天井面

- 天井面への機器配置の試行として、拡散領域を解くプログラムを基に、配置空間と拡散半径を与えて器具配置を計算するソフトおよび説明文を作成・共有した。

Automatic Layout for outlet

Cell x: 8 Cell y: 8
 Radius: 2 calc time max: 60
 Symb obst: ■ Symb outlet: @ Symb cover: ○

Calc Clear Initialize Forward Backward

Obst cells: 4 Outlet cells: 7
 Calc time: 60 Sols max: 4 Sols: 4

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	○	○	○	○	○	@	○	○
2	○	@	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	@	○	○	@
5	○	○	○	○	■	■	○	○
6	@	○	○	○	■	■	○	○
7	○	○	@	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○	○	@	○

24

10. 設計事務所との意見交換

- 施工図の自動化は、設計図の自動化でもあり、設計そのものの自動化でもある。
- そのため、自動化について、三木が設計事務所のY氏と3月23日に意見交換をおこなった。
- さらに、4月6日に、三木が再度Y氏およびソフトベンダーのH氏らと意見交換をおこなった。
- 引き続き、意見交換をおこなう予定。

25

11. 施工ルールの抽出

- 機器配置および経路配置を自動化するためには、数学的な原理だけでは不十分であり、施工ルールの取り込みが必要である。
- そのため、手始めに、当会が発行している「べからず集」から施工ルールを抽出したい。
- 施工ルールを抽出するためのフォーマットの叩き台を作成し、WGメンバーで共有し、意見を徴収中。
- 引き続き、WGメンバーで分担して、施工ルールを抽出する予定。

26

11. 施工ルールの抽出/フォーマット

No.	章 Chapter	頁 Page	和文 Japanese language	条件	処理	区分	備考 Note
1	配管(共通)	9	配管(共通)				
2	配管(共通)	9	配管配列順序				
3	配管(共通)		配管はなるべくわかりやすく配列して誤接続を防止すると共に、施工性や見栄えも良くする。	配管、複数	配列はなるべくわかりやすくする	評価	
4	配管(共通)		また、継手をなるべく減らしてコストを抑えるように、配列順序を決定する。	配管	継手はなるべく減らす	評価	
11	配管(共通)	10	2 立管の間隔				
12	配管(共通)		立管の間隔は等間隔ではない。				
13	配管(共通)		接合方法、支持金物、保温の有無・厚さ等により検討し、決定する。	配管、複数、立管	間隔は接合方法、支持金物、保温の有無・厚さ等により最小値以上とする	禁止	配管最小間隔表
14	配管(共通)		保温がある場合には、保温外面間の間隔が60~100mm以上になるように間隔を決める。	配管、複数、立管、保温付き	間隔は保温外面間の間隔を60~100mmで選択し、それ以上とする	禁止	
24	配管(共通)	11	3 配管が並列する場合は共通架台				
25	配管(共通)		共通架台は配管支持の施工性が良く合理的である。	配管、複数	架台は共通架台とする	評価	
26	配管(共通)		ただし、インサートは重量に見合ったサイズにする必要がある。	インサート	サイズは吊下げ重量以上とする	禁止	
32	配管(共通)	12	4 T配管(ト)配管の禁止				
33	配管(共通)		T配管をすると、分岐部で乱流が起こり抵抗が大きくなる。				
34	配管(共通)		水の流れをスムーズにするために、T配管は禁止とする。	配管、分岐	T配管としない	禁止	
37	配管(共通)	13	5 偏心レジュースの使用				
38	配管(共通)		レジュースを横引き配管に用いる場合は偏心の物を用いる。	配管、横引き管、径違い	偏心レジュースとする	禁止	
39	配管(共通)		偏心レジュースの向きは流体の性質を良く理解して設置する。				
41	配管(共通)		冷温水は空気が溜まる	配管、横引き管、径違い、冷温水	偏心レジュースは上平とする	禁止	
43	配管(共通)		蒸気はドレンが溜まる	配管、横引き管、径違い、蒸気	偏心レジュースは下平とする	禁止	

27

12. 初年度の実施結果

- イメージの共有 (夢、楽しさ)/何ができればどう変わるかを想像する→意見徴収・まとめ済
- 到達レベル/目標を明確にする→意見徴収・まとめ済
- 機器配置の試行→サンプルプログラム作成済または作成中
- 既存の研究の調査 (論文、特許)→なし
- 施工ルールの調査 (当会発行マニュアルの利用)/ルール抽出表にまとめる→書式案作成済、検討中
- WGアドバイザーの選定とコンタクト (人脈、ネット)→九州大学大学院K先生と意見交換済、継続、および設計事務所とも意見交換済、継続
- 知的所有権の扱い方 (シス研、参加メンバー)/参加メンバーが不利益を被らないようにしたい→未成

28

今日のひとこと

千里の道も一歩から。

「合抱の木も毫末より生じ、九層の台も累土より起こり、千里の行も足下より始まる。」

老子

TO BE CONTINUED.