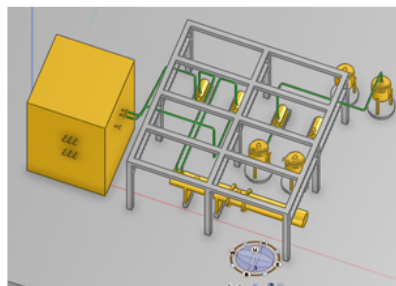
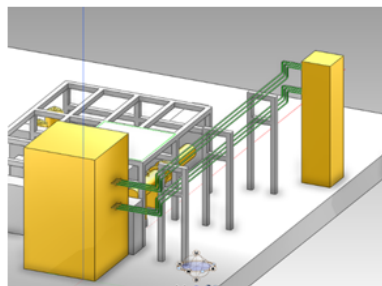


# 3D-CADの有効活用（自動化）による 働き方改革への挑戦！！



2024年9月30日  
辰星技研株式会社  
新技術開発準備室 藤本 勝

1

## 目次

辰星技研とは？

当社が抱える課題は？

3次元プラント配管設計とは？

自動設計ツールの研究・開発

実用化に向けた今後の課題

2

社名	しんせい 辰星技研株式会社
創立	1987年(昭和62年)3月18日
資本金	5,000万円
従業員	122名(正社員95名、契約社員27名)
事業所	

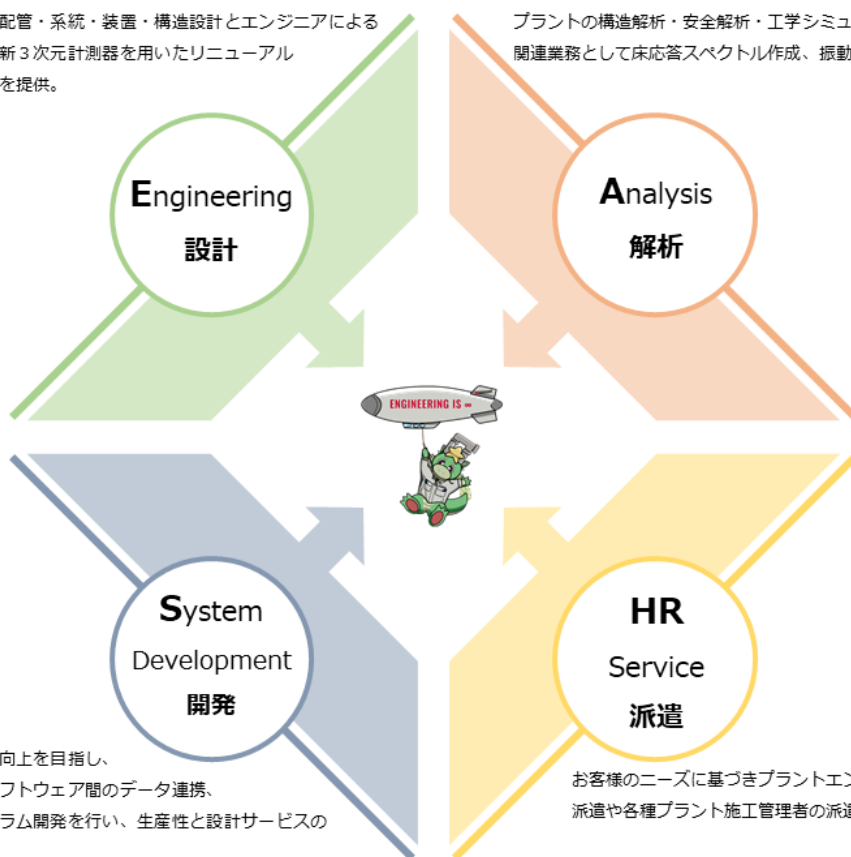
1987年にCAD専門ITコンサルティングとして東京都千代田区に設立。  
現在の事業所は、東京本社、大阪支店、神戸事務所、東北支店、六ヶ所分室、東海事業所の国内5拠点に展開。  
また、関連子会社としてベトナム(ホーチミン)に拠点を設置。



辰星技研とは? >> 1-2) 事業内容の紹介

最新3次元技術等を用いた配管・系統・装置・構造設計とエンジニアによる  
プラント設計サービスや最新3次元計測器を用いたリニューアル  
エンジニアリングサービスを提供。

プラントの構造解析・安全解析・工学シミュレーションサービスを提供。  
関連業務として床応答スペクトル作成、振動測定や対策検討等も実施。



プラント設計技術の維持・向上を目指し、  
ソフトウェア環境整備やソフトウェア間のデータ連携、  
CADシステム用のプログラム開発を行い、生産性と設計サービスの  
品質向上を図っています。

お客様のニーズに基づきプラントエンジニアや解析エンジニアの  
派遣や各種プラント施工管理者の派遣も実施。

# 目次

辰 星 技 研 と は ？

当 社 が 抱 え る 課 題 ？

3 次 元 プ ラ ン ト 配 管 設 計 と は ？

自 動 設 計 ツ ー ル の 研 究 ・ 開 発

実 用 化 に 向 け た 今 後 の 課 題

## 当社が抱える課題？ >> 2-1) 経営課題

当社の主業は設計技術者でのサービス提供であり「人材確保」が最重要課題。また、人材コスト削減を狙いとし2007年10月ベトナムに子会社を設立。技術・運営面の育成を行いビジネスパートナーとして業務参加し、人件費メリットを活かしたサービスを提供していたが、物価上昇や為替レート変動等の社会変化に対する経営課題が生じている。

### (1) 生産人口減少

現在日本は、少子高齢化の進行により生産年齢人口（15～64歳）は1995年をピークに減少（右図）。人口減少社会が加速化するなか、当社が存続し発展するためには、いかに人材を確保し定着させるかが重要な課題。

### (2) 働き方改革

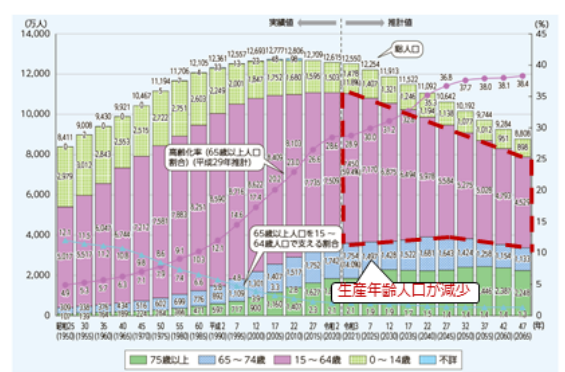
昔の様な、長時間労働や個人の力量に頼った働き方は、生産性低下による無駄な作業、疲弊した社員の離職、モチベーションの低下等、様々なリスクに発展するため、働く人のワークライフバランスの最適化が課題。

### (3) 物価上昇

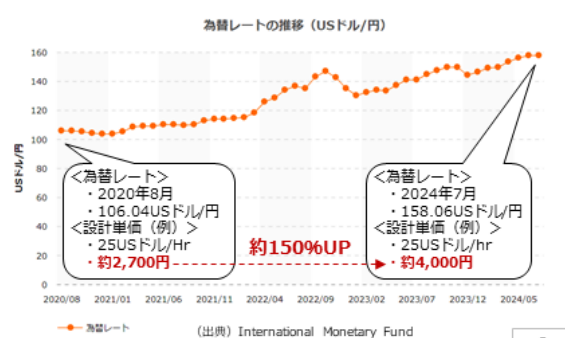
物価上昇により、業務で使用するインフラ設備等の導入・維持管理コストや設計において使用するCADライセンス料が増大。更には、物価上昇に応じた賃上げ対策等も必要であり、日銀が提言する「物価上昇と賃上げの好循環」の社会変化に追従できる、業務の仕組み作りが課題。

### (4) 為替レート変動

海外取引通貨はUSドル建てを基本としており、4年前（2020年8月）の為替レート106USドル/円が、昨今（2024年7月）では158USドル/円となり、海外ビジネスパートナーの設計単価も約150%！これまでの人件費メリットを活かしたサービス提供は困難状況（右図）。他方、人材確保の観点から、今後も海外ビジネスパートナーの活用は必須であるため人件費以外での優位性の確立が課題。



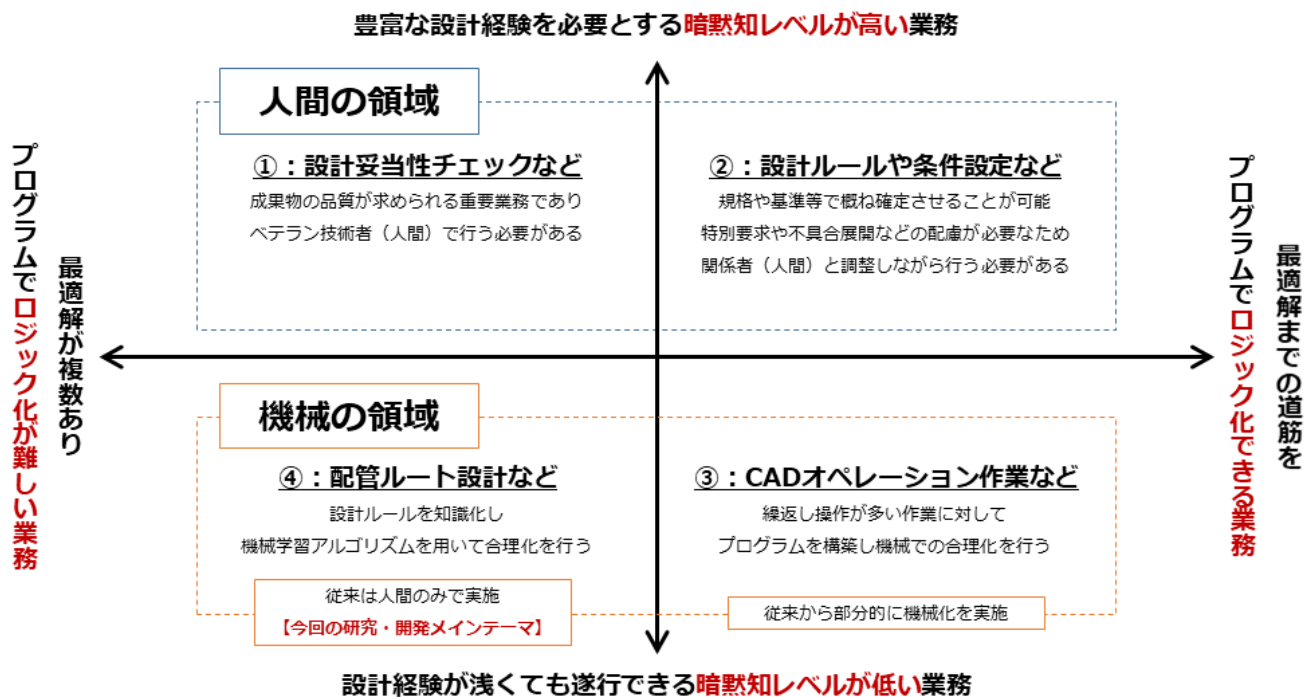
(出典) 内閣府 (2022) 「令和4年版高齢社会白書」図表2-1-1-1 高齢化の推移と将来推計



(出典) International Monetary Fund

経営課題を改善すべく、人間と機械での協働による3次元プラント配管設計業務の合理化に挑戦!

## 人間と機械での協働イメージ



3次元プラント配管設計業務の合理化により期待する改善の効果!

## 改善効果の目標

- (1) 生産人口減少  
機械領域の拡張により、**労働時間を短縮（少人数で業務完遂）**。
- (2) 働き方改革  
労働時間の短縮により、**働く人のワークライフバランスを最適化**。  
・それにより、**人材の確保と定着**に貢献。
- (3) 物価上昇  
労働時間の短縮により、**余剰となる人件費をインフラ費や賃上げ対策に配分**。
- (4) 為替レート変動  
機械領域の拡張により、暗黙知レベルの低い業務から高い業務へ海外人材をシフト。  
・それにより、**海外技術者の育成や経験を蓄積する機会の確保**が可能。  
・それにより、**技術力を優位性とした適正コストでのサービス提供**が可能。

# 目次

辰 星 技 研 と は ？

当 社 が 抱 え る 課 題 ？

3 次元プラント配管設計とは？

自動設計ツールの研究・開発

実用化に向けた今後の課題

## 3次元プラント配管設計とは？ >> 3-1) 配管？配管技術？プラン配管設計の手順？

### (1) 配管と配管技術

「配管」は必要な機能を満たすように設計・製作・据付けられた、**流体を輸送する管路**を示し、配管コンポーネント（図1）で構成される。「配管技術」は、**配管を設計・製作・据付けし、装置を運転・保守点検する技術**を示す。

配管技術が支える産業分野は極めて広範囲（図2）である。尚、「プラント配管」の範囲としては「**火力・原子力発電プラント**」「**石油化学プラント**」を指すことが一般的である。

### (2) プラント配管設計の手順

石油化学や石油精製プラントにおいては、「プロセス配管」と「ユーティリティ配管」の2種に分類される。「プロセス配管」は、**プラントにある機器相互をつなぐ、製品製造に直接かかわる配管**で、「装置へ原料を供給する配管」、「装置から出る製品を送り出す配管」、「ポンプ、塔、ドラム、熱交換器などの機器相互を連絡する配管」などで構成される。また、「ユーティリティ配管」は、「**水**」、「**空気**」、「**蒸気**」、「**燃料**」、「**窒素配管**」などで構成される。

プラント配管における一般的な配管設計手順は図3の通り。（今回着目したシステム化項目を赤枠で示す）

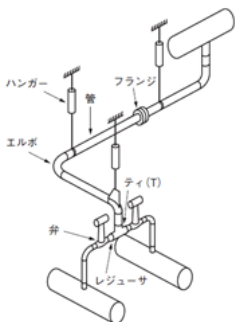


図1：配管の例

(出典) 日刊工業新聞 配管計画

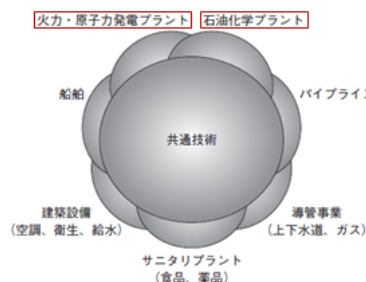


図2：配管技術が支える主な産業分野

(出典) 日刊工業新聞 配管計画

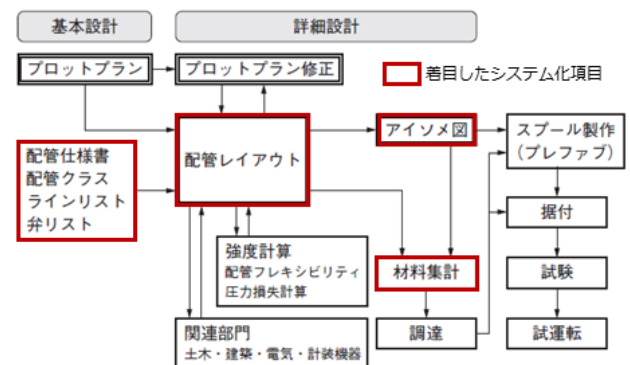


図3：配管設計の流れ

(出典) 日刊工業新聞 配管計画

**(1) プラント配管ルート設計の特徴**

以下①～③の事項を念頭に置き、配管ルート設計を実施する必要がある。

- ①：プラント・設備の保守を行う観点から、配管は**整然とした配置**であり、**接近性のよい配置**であること
- ②：経済性の観点から、**配管長さが極力短いこと**
- ③：**配管の用途や重要度を考慮**するとともに**内部流体性状を考慮**すること

**(2) プラント配管ルート設計の重点項目**

一般的なプラント配管ルート設計において配慮が必要となる**重点項目**は下表の通り。

重点項目	一般的な配管ルート設計において配慮が必要な内容
安全運転	熱応力の許容値確保、ウォータハンマー防止、大気放出管の反力減少策など
性能確保	各種ポンプの吸込性能確保、配管圧力損失の減少策、調整弁の安全性確保など
操作性	通路スペースの確保、弁操作スペースの確保、機器分解スペースの確保など
経済性	最短距離（特に大口径管）、曲げ部の減少、溶接部減少、サポート共用化など
美観	配管ルートの集中化、直線配管、高所配管など

11

**目次**

辰 星 技 研 と は ?

当 社 が 抱 え る 課 題 ?

3 次 元 プ ラ ン ト 配 管 設 計 と は ?

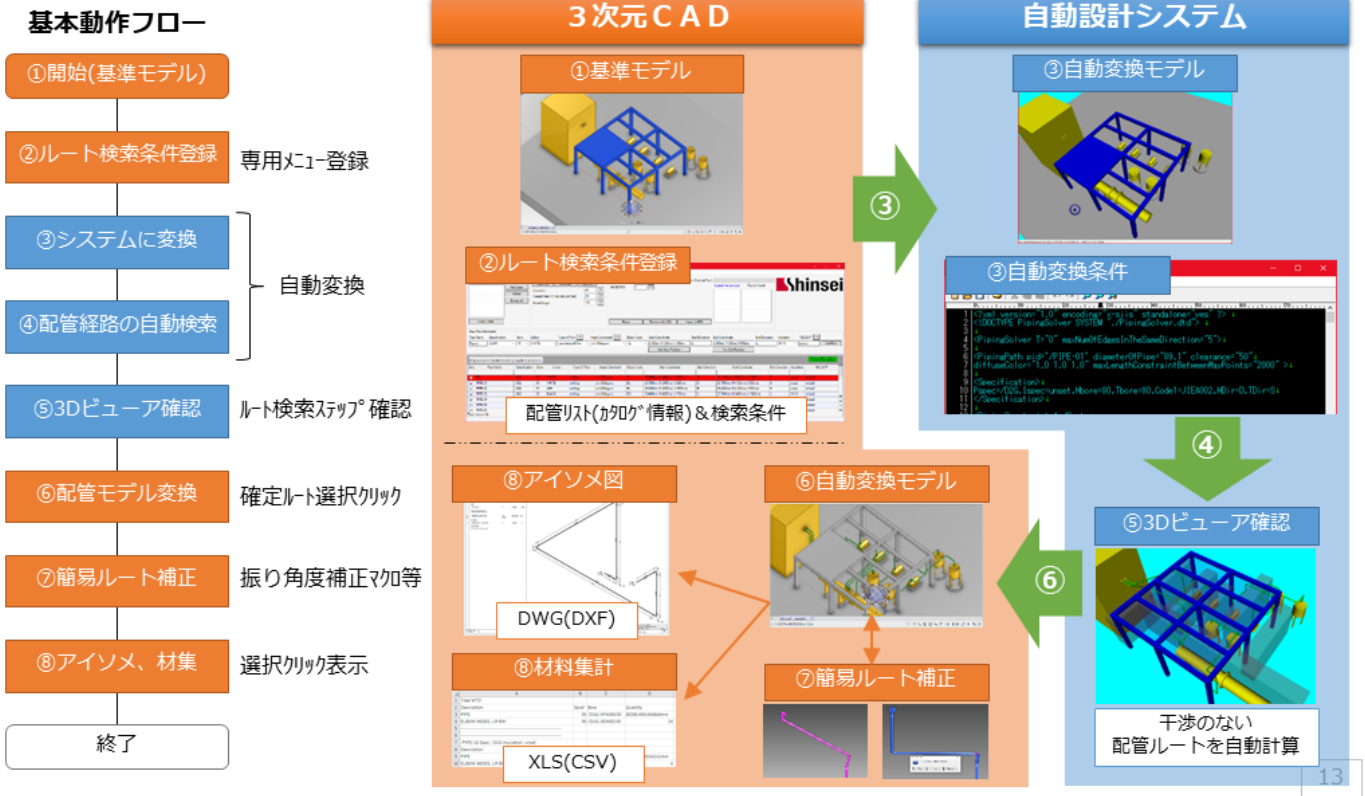
**自 動 設 計 ツ ー ル の 研 究 ・ 開 発**

実 用 化 に 向 け た 今 後 の 課 題

12



木村教授の研究「配管経路の自動設計方法及びシステム」を基礎技術とし、自動設計ツールの研究・開発に着手。  
 3次元CAD種類が顧客要求で異なるため汎用性を考慮し3次元CADと切り分けたシステム構成とした。

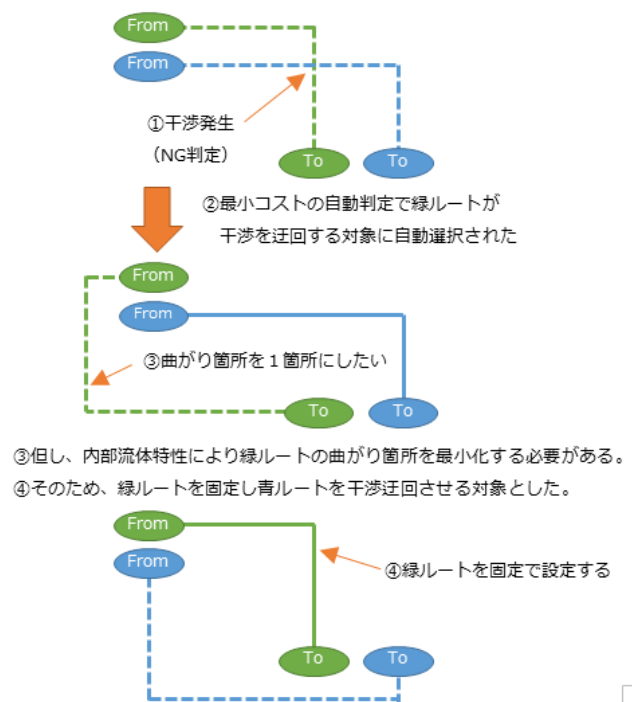


自動設計ツールの研究・開発 >> 4-2) 配管ルート検索方法

配管ルートは最短(最小コスト)ルートでの検索を基本としているが、配管ルート設計の重点項目を総合的に判断した場合に、**最短(最小コスト)ルートが必ずしも望ましいとは限らない**。よって、以下3種の経路検索パターンを基本とし、**設計者が任意で設定した配管設計条件に基づき**、経路候補点を自動的に生成し、その点を結ぶ全経路を検索し複数経路の最適ルートを導き出すシステムとした。

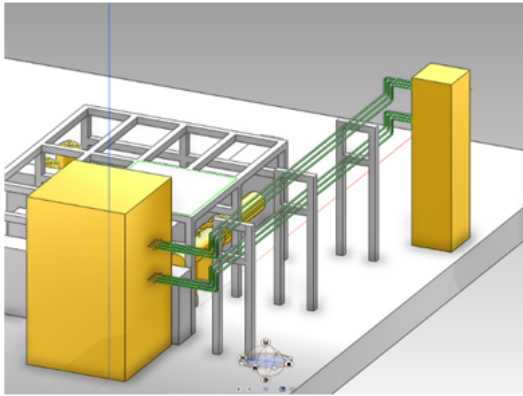
複数配管ルート検索途中のNG判定も出力し設計確認できるようにした。

経路検索パターン	画像
<b>Shortest Routing</b> 干渉物を無視した最短ルートを検索	
<b>Avoid Clash Routing</b> 干渉物を回避した最適ルートを検索	
<b>Support Routing</b> 干渉物を回避し、サポート支持点を考慮した最適ルートを検索	



プロトタイプ版モデルベースで複数配管（6ライン）の自動ルート検索を実施。

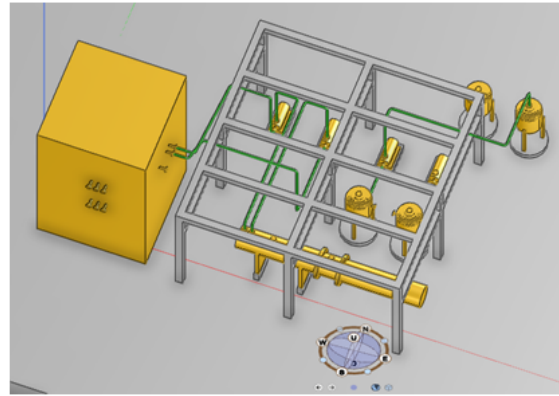
単純ルート（サポートトラック上を通過する6ライン）



プロトタイプモデルベースでの時間比較			
	従来タイム (設計者)	本システム使用	
		機械タイム	人間タイム
配管条件設定	2分	-	2分
配管ルート検索	8分	<b>7秒</b>	-
3Dモデル作成		6秒	-
計 (6ライン)	10分	2.3分(133秒)	
1ライン当たり	1.7分 (100秒)	<b>0.4分/ライン (22秒/ライン)</b>	

※1：単純ルートとは？  
 ・複数配管経路のFrom-Toが垂直交差しないような配管  
 ・ルート検索に使用する経由候補点の数量や種類が多くない

複雑ルート（狭いエリア内を通過する6ライン）



プロトタイプモデルベースでの時間比較			
	従来タイム (設計者)	本システム使用	
		機械タイム	人間タイム
配管条件設定	2分	-	2分
配管ルート検索	18分	<b>25秒</b>	-
3Dモデル作成		6秒	-
計 (6ライン)	20分	2.5分(151秒)	
1ライン当たり	3.4分 (200秒)	<b>0.5分/ライン (25秒/ライン)</b>	

※2：複雑ルートとは？  
 ・華機や機器(ボイラ等)などの干渉物が多数ありルート可能エリアが限定される  
 ・その為、複数配管同士干渉が多く発生する(配管ルート調整が必要)  
 ・サポート支持点用の経由候補点の数量や種類が多い(床・梁・柱・サポート部材等)

プラント配管設計の要件や条件は、顧客やプラント種別で異なるため、予めPJごとに設計要件の知識化が必要。また、自動ルート検索結果が設計者の想いとマッチしなければ手修正が必要となり本システムは活用されないため、設計者の想いを付加するための機能を追加した。

PJごとに予め知識化が必要な設計要件	
部品（カタログ）、仕様（スペック）、保温（厚み等）登録	3次元CADに登録済みの左記情報を自動設計システムへI/Fし活用。
基準モデル登録	3次元CADに入力した、機器・架構・土建等の基準モデルを自動設計システムへI/Fし配管ルート検索で活用。
配管ルート禁止エリア登録	3次元CADで入力した、通路スペース等の情報を自動設計システムへI/Fし配管ルート禁止エリアとして活用。また、機器モデル情報を自動設計システムへI/Fしメンテナンスの障害と成りえるエリアや機器ノズル周辺への配管ルートを制限。
干渉判定登録	配管ルート検索時の干渉判定クリアランス寸法を自動設計システムに登録。また、3次元CADで入力したサポート部材情報を自動設計システムへI/Fし配管の溶接ポイントと重ならないよう配管ルートを制限。
配管ルート検索用コスト登録	配管ルート検索用のコストとして、配管部品の材料コストと溶接及び検査コストを材質毎に自動設計システムへ登録。
最小配管長の設定	配管製作・施工が出来る最小配管長を自動設計システムへ登録し配管ルートを制限。

設計者の想いを付加するための機能	
配管モデル簡易補正機能	自動設計システム表現できない配管ルート形状を3次元CAD上で簡易補正出来る機能を追加。
曲げ部品の設定機能	3次元CAD登録済みの配管仕様(スペック)情報を自動設計システムにI/Fし、曲げ部に使用する継手種類(エルボタイプ)や曲げ管(曲げ半径)を自動設定できる機能を追加。
曲げ角度の制限機能	特殊な曲げ角度となれば配管製作工数が増加するため、配管曲げ角度(45°、90°、等)の使用制限機能を追加。
重力流ルートの制限機能	内部流体性状によっては液溜まりなどが好ましくないケースがあるため、“凸凹禁止”、“極力凸凹なし”等の制限機能を追加。
配管ルートエリアや経由点の指定機能	設計者が予め想定した配管ルートエリアや経由ポイントを指定できる機能を追加。
配管ルートエリアや配管仕様を考慮した優先レベル設定機能	パイプラック等の極力配管を設置したいエリアや高価材料などで極力干渉迂回させたくない配管ルートを考慮し、プラントエリア単位や複数配管ルート検索時の優先グループを設定できる機能を追加。
基準ルート指定機能	最小コスト判定と異なる配管ルートを基準設定したいケースを想定し、複数配管ルート検索の途中結果確認や基準ルートが設定できる機能を追加。
近傍配管グルーピング機能	複数配管ルート検索で近接する配管を極力並走させ、サポート共通化させるための設定を追加。



# 目次

辰星技研とは？

辰星技研が抱える課題

3次元プラント配管設計とは？

自動設計ツールの研究・開発

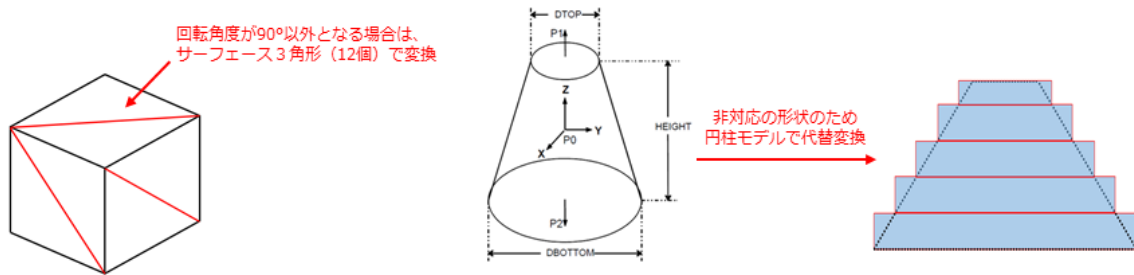
実用化に向けた今後の課題

17

## 実用化に向けた今後の課題 >> 5-1) モデル変換プログラムの更新

現状、自動設計システムで干渉判定できるモデル要素が少ないため、モデル変換プログラムの更新が必要。

- ① 3次元CADで使用する全モデル要素に対応したモデル変換プログラムの追加開発が必要であり、自動設計システムで非対応のモデル形状や回転属性に対する代替変換手法の研究・開発が必要



- ② 当社で使用する他3次元CADシステムに対応した変換プログラムの開発が今後必要

- ③ スキャン点群データを用いた干渉判定などの研究・開発を今後検討 等

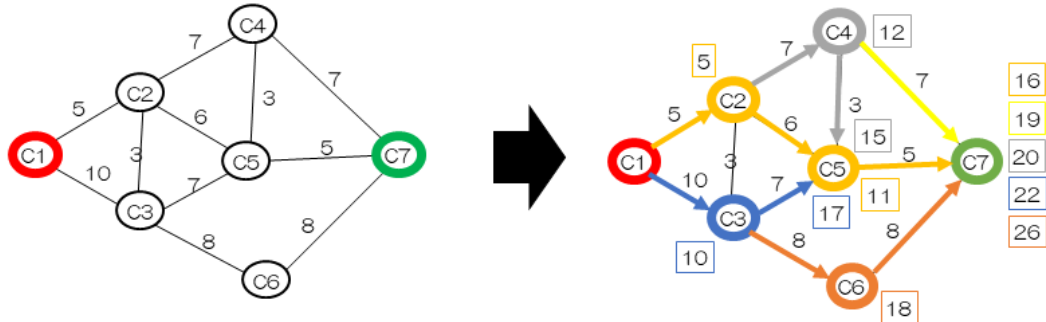


18

プロトタイプ版モデルベースは小規模だが、実際のプラント設計モデル規模は数百倍であり、ルート検索に使用する経路候補点数や干渉判定を行うモデル数は数千倍になる。

現在ルート検索で用いているダイクストラ法は全方位に対してルート探索を実行するため、ルート探索のパターンは数万～億倍以上となり長い計算待ち時間が発生し、設計工程への影響が懸念される。

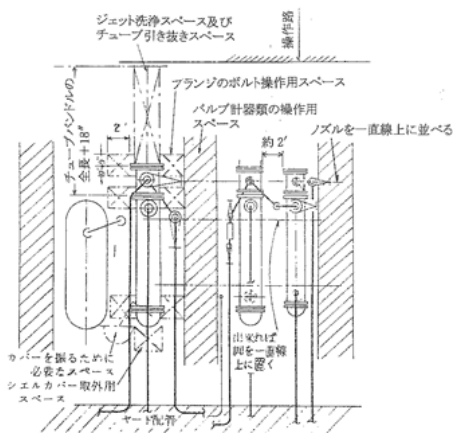
C1 (始点) とC7 (終点) を結ぶ最小コスト経路は? >> オレンジ色 (コスト16)



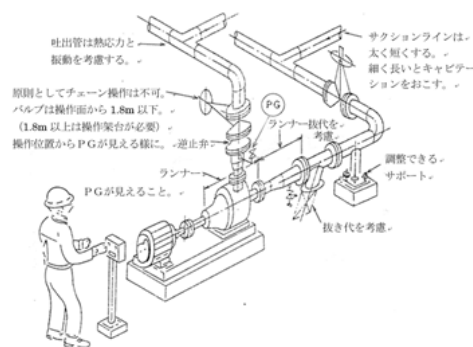
よって、ダイクストラ法アルゴリズムの更なる改良やA\*探索アルゴリズムの組み込みなどを検討し、自動ルート検索速度の高速化に関する研究・開発が必要。

自動ルート検索結果が設計要領とマッチしない場合は人間での手修正が必要となり本システムは活用されない。

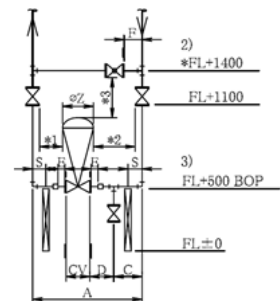
一方、機器（熱交やポンプ等）廻りの配管ルートや配管ルート上に設置する各種インライン部品のブロック形状（CV弁・トラップ・ポット・現場計器・ドレン/ベント等）は、過去経験則に基づき設計要領や設計基準で配管ルート形状は定められているため、予め標準テンプレート化するなどして、自動ルート検索結果に依存しない仕組み作りが必要。



熱交換器廻りの代表配置例

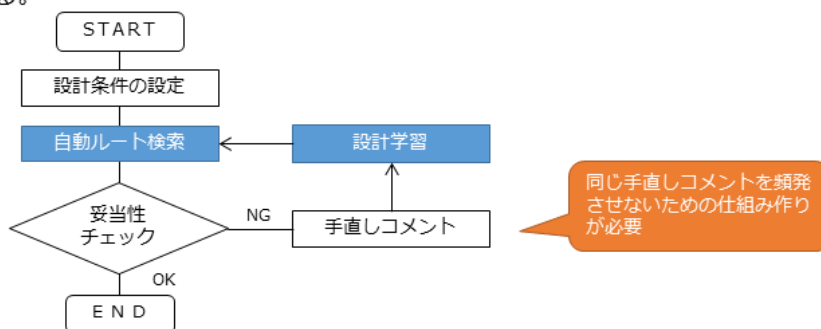


ポンプ廻り配管の代表配置例



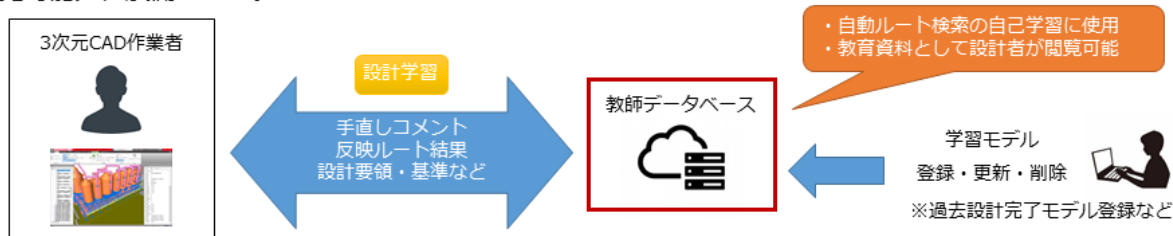
CV弁ブロック形状

自動ルート検索結果の妥当性は設計有識者（人間）で実施するが、毎回同じ内容の手直しコメントが頻発すれば自動ルート検索している意味が低減する。



将来目標として、設計学習フレームワークを構築し、教師データとして“手直しコメント”や“コメント反映後のルート形状”、“それに関する設計要領や設計基準”などをDBで保管し、その教師データDBを用いて、

- ・自動設計システム（ルート検索知能）の自己学習機能
- ・若手設計者への技術伝承に資する教育資料（NGルートとそれに対する手直しコメントや設計要領などが関連付けされ閲覧可能）に展開したい。



ご清聴ありがとうございました。



辰星技研株式会社

Shinseigiken Engineering. Co., Ltd.