

シミュレーションを活用した空調設備の状態監視モデル構築の提案

株式会社 ウェーブフロント

目次

シミュレーションを活用した空調設備の状態監視モデル構築の提案.....	1
1. 背景.....	2
2. Step1：一次元熱流体回路網によるシミュレーション.....	2
2.1. 試作回路.....	3
2.2. 送風機.....	5
2.3. 計算例.....	6
3. Step2：保守、点検サービスの高度化、システム化.....	9
3.1. 保守・検査サービスの高度化.....	9
3.1.1. 苦情・不具合対応.....	10
3.1.2. 点検・保守サービス（定期点検や検査などの計画的な作業）.....	12
3.2. 保守・点検サービスの支援.....	13
3.2.1. 全体の見える化（保全カレンダー）.....	13
3.2.2. 不具合の管理.....	16
3.2.3. 苦情管理と作業依頼.....	18
3.2.4. 工事管理.....	20
3.2.5. 保守・点検サービスの最適化.....	22
3.3. 製品紹介.....	24
4. ウェーブフロントの強みと実績.....	26
4.1. ウェーブフロントの強み.....	26
4.2. 受注実績.....	27
5. Step1 実施におけるまとめとお願い.....	エラー! ブックマークが定義されていません。

1. 背景

御社では機器の状態監視を通じた新たな保守サービスの提供を検討されており、その実現方法を調査されている。最終目標としては、計測値に基づいて、機器の健全性の程度や、余寿命の推定を実施し、必要な処置(保守作業)を推奨する枠組みを構築する事である。この最終目標の枠組みとして、弊社では、図 1-1 のようなプロセス構成(案)の実現を目指したいと考えている。本文書では、図 1-1 で示した項目の内、太線で囲んだ項目(一次元熱流体回路網によるオンラインシミュレーション及び保守、点検サービスの高度化、システム化)に着目し、その提案内容を2つのステップに分け、記している。

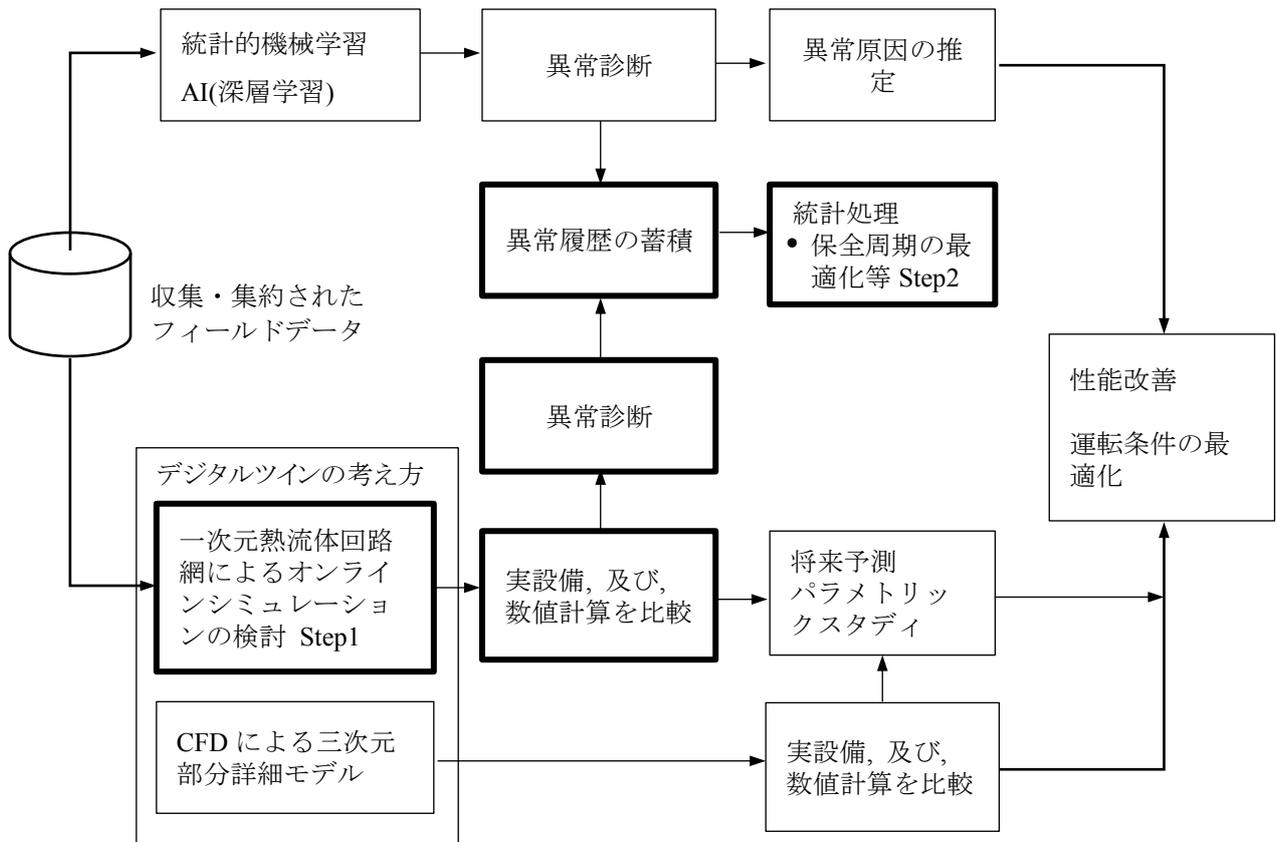


図 1-1 最終目標とするプロセスの構成案、及び、本提案の項目(太線部)

2. Step1: 一次元熱流体回路網によるシミュレーション

ポンプ・送風機等の流体機械を集中定数系(1ポイントモデル)でモデル化し、バルブ等の機器を含む配管系を一次元熱流体回路網としてモデル化する。測定される実機データ(送風機回転数)を基に、一次元熱流体回路網によるシミュレーションを実施し、各種センサーで測定される流体特性の数値予測を行う。各種センサー位置での(実機)測定値とシミュレーションによる予測値との違いが大きい場合、何らかの異常が生じていると判断し、その原因究明を行うことを想定する。

2.1. 試作回路

ここでは、上述のような一次元熱流体回路網を、より具体的に説明することを目的とし、簡潔な試作回路を作成する。作成にあたり、一次元熱流体シミュレーターSINDA/FLUINTを使用し、(正常な)定常運転を想定した簡易システムを作成する。本試作においては、寸法は適宜与えることとする。また、熱伝達係数や圧力損失係数も、実機の模擬を目指したものではなく、差し当たり、ソフトウェアに搭載している実験相関式を、適宜用いることとする。

本試作回路の入出力について、その模式図を図 2-1 に示す。

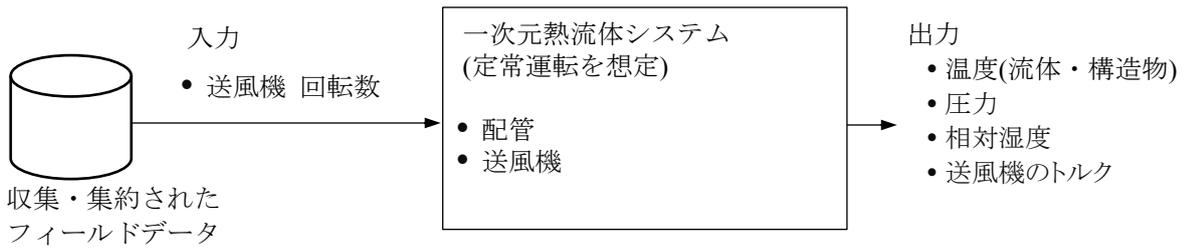


図 2-1 本提案における試作回路の入出力

図 2-2 に、試作回路の全体の構成を記す。

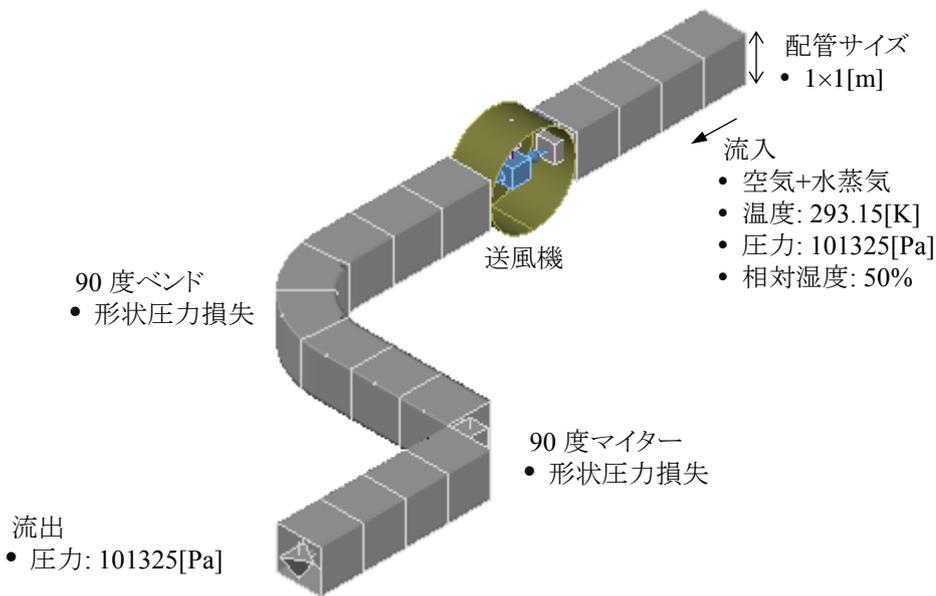


図 2-2 試作回路の全体図

図 2-3 に、熱流体回路を構成する要素を示す。大きく分けて、次のような 5 種類の要素で構成されている。

- 流体節点: 流体を代表する。温度、圧力、相対湿度などの状態量を格納する。

- 流体の移動経路: 流体移動による圧力損失(等)を考慮する.
- 送風機: 性能曲線(体積流量 vs. 揚程)を考慮する.
- 壁を代表するノード: 構造物の熱容量, 温度を格納する.
- 熱伝達: 構造物と流体間の熱移動を模擬する. 熱伝達係数は, 強制対流に関する実験相関式を活用して算出している.

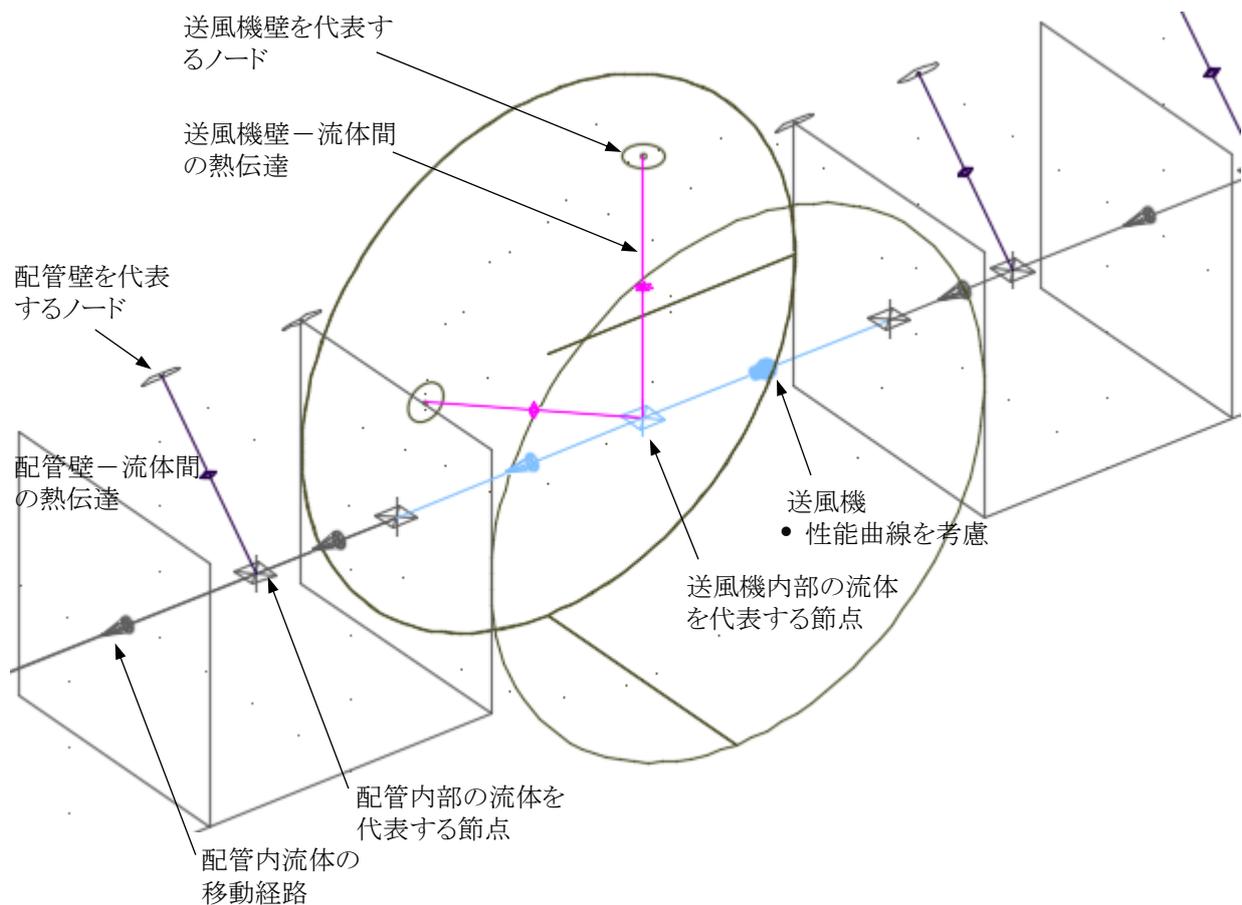


図 2-3 送風機, 及び, 配管を構成する要素

図 2-4 に, 環境温度, 及び, 構造物壁の外表面から環境への熱伝達経路を示す. 熱伝達係数の値は, 自然対流に関する実験相関式を採用している(例: 垂直平板における自然対流熱伝達).

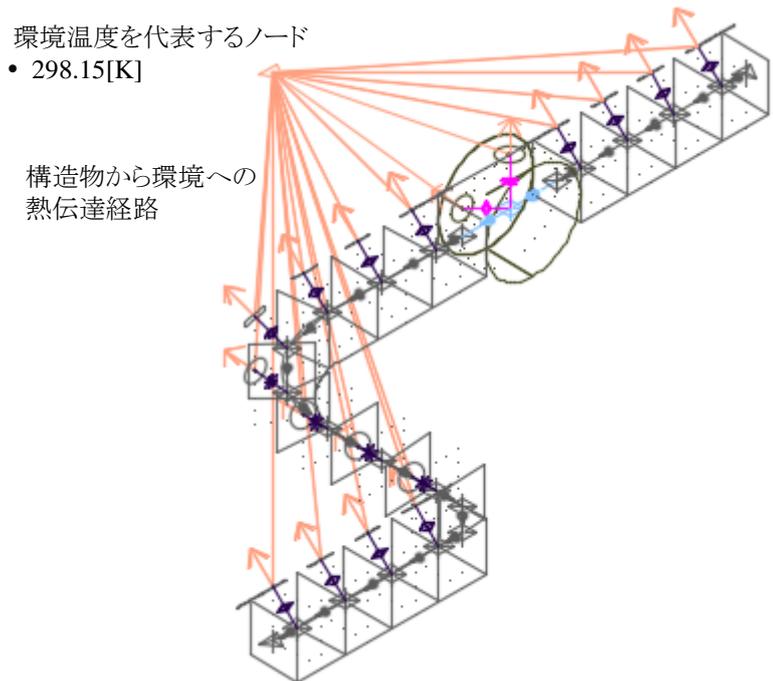


図 2-4 環境温度, 及び, 構造物から環境への熱伝達経路

2.2. 送風機

送風機は, 性能曲線(流量 vs. 揚程)を考慮してモデル化している. 図 2-5 に, 本試作回路に入力している性能曲線を示す.

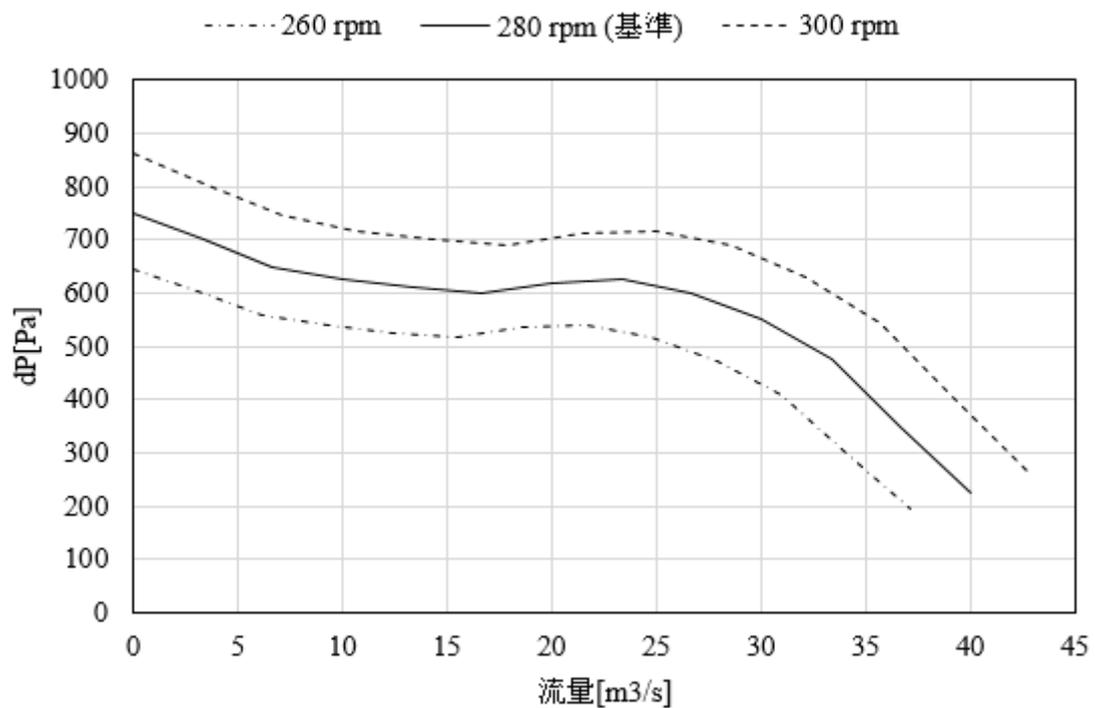


図 2-5 送風機 性能曲線

實際上、入力しているのは、基準となる曲線のみである。ここでは、回転数 280 [RPM: radian per minute] の曲線のみを入力している。これ以外の回転数を観測(入力)した場合、次式のような相似側を考慮して、観測回転数における曲線が(自動的に)求まる。ここで、 Q , H , n , は、それぞれ、体積流量、揚程、回転数である。

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{n_2}{n_1}$$
$$\frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

また、送風機のトルクは、次式のように算出する。

$$\text{トルク [N} \cdot \text{m]} = \frac{60[\text{s}] \times \text{体積流量}[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}] \times \text{昇圧値[Pa]}}{\text{効率}(= 1) \times 2\pi \times \text{回転数[RPM]}}$$

2.3. 計算例

試作回路の定常計算例を示す。本例では、送風機回転数を 300[RPM]とした。また、流入における相対湿度は 50%としている。圧力、流体温度、及び、構造物温度の可視化を、それぞれ、図 2-6, 図 2-7, 及び、図 2-8に示す。図 2-6より、送風機の下流において、昇圧されているのがわかる。昇圧に伴い、温度も上昇している(図 2-7)。

代表的な入力値、及び、予測値を以下に列挙する。

- 入力値
 - 送風機回転数 : 300[RPM]
 - 流入相対湿度 : 50%
- 予測値
 - 送風機壁温度 : 293.15[K]
 - 送風機による昇圧 : 603.6[Pa]
 - 流量 : 39.89[kg/s] (\approx 33.34[m³/s])
 - 送風機のトルク : 630.9[N•m]
 - 流出相対湿度 : 48.6%

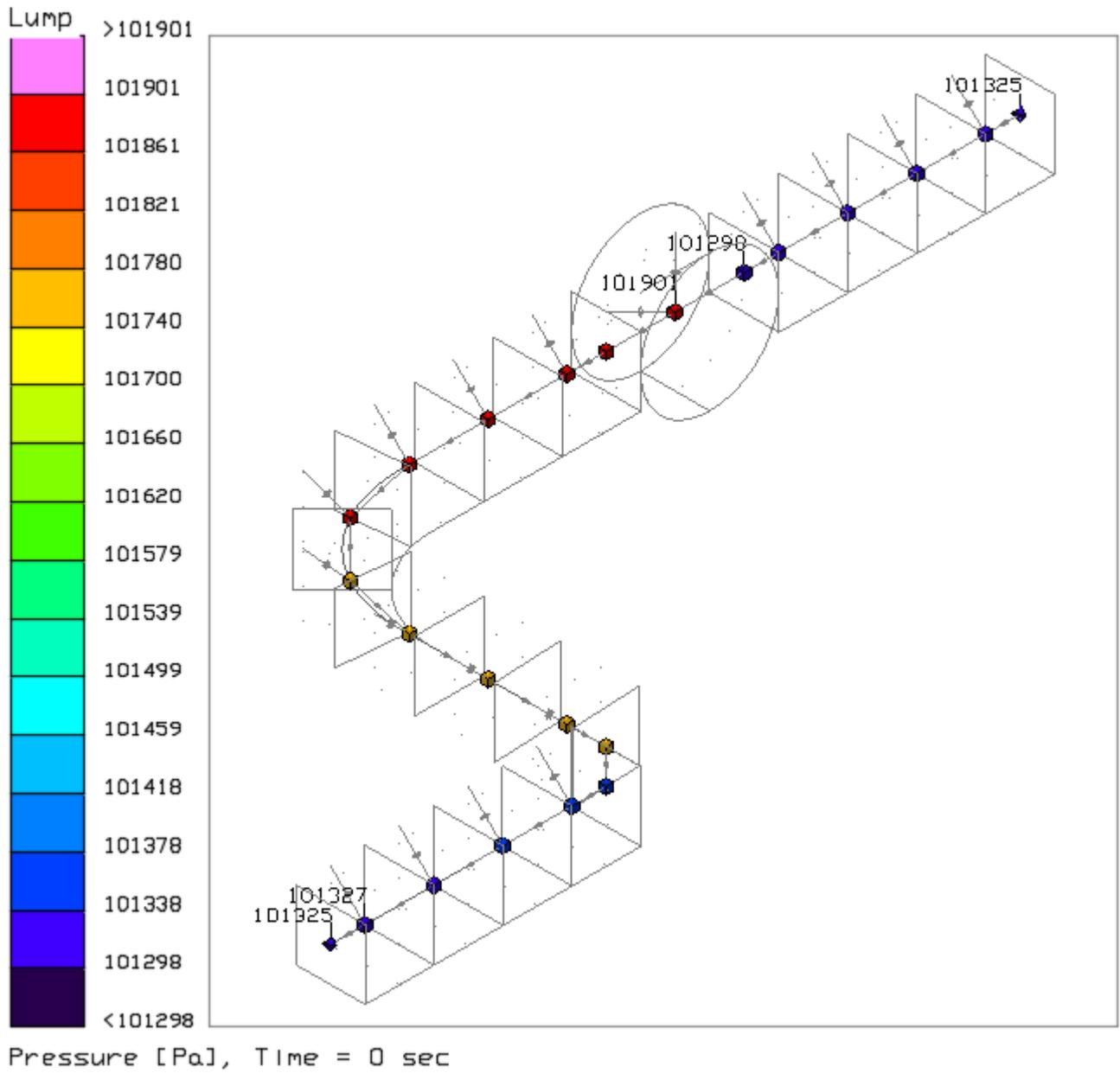


図 2-6 計算例: 圧力

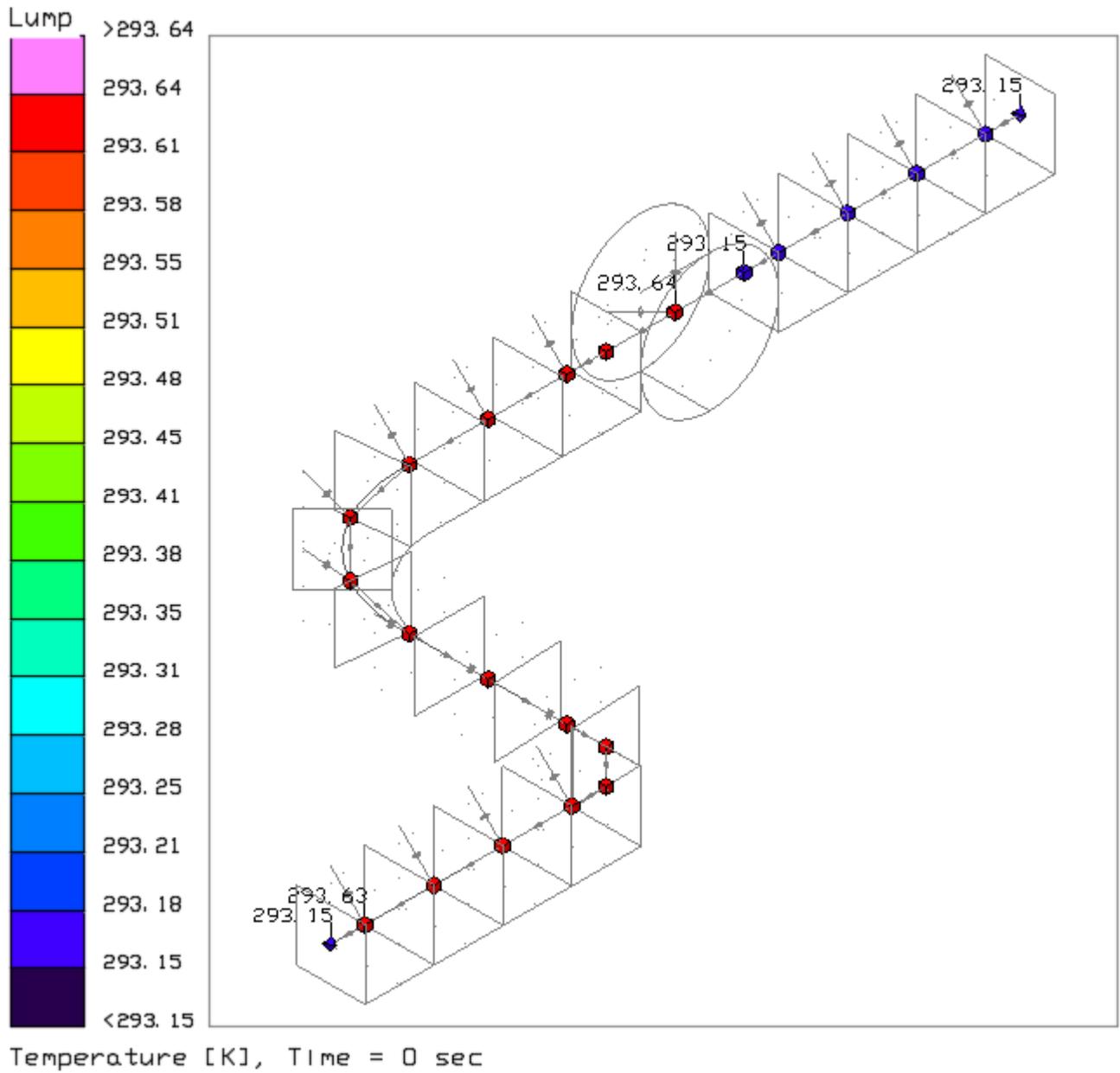


図 2-7 計算例: 流体温度

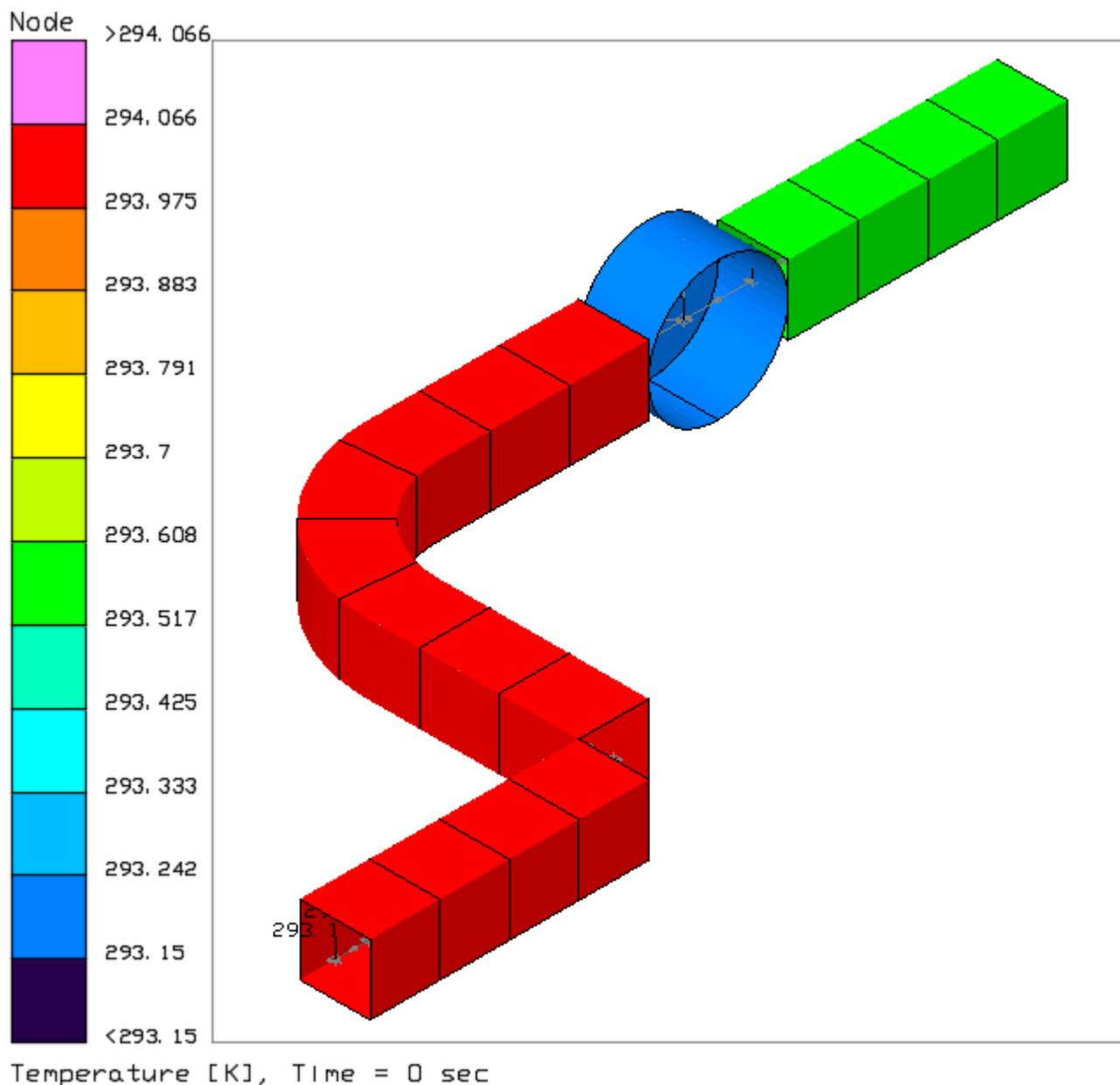


図 2-8 計算例: 構造物温度

3. Step2: 保守、点検サービスの高度化、システム化

3.1. 保守・検査サービスの高度化

前章で説明した「異常診断」の目的は、機器の状態を把握し、処置の必要性を判断することにある。また、異常履歴の蓄積や診断手法を構築する時に得られる知見を活用することで、機器に対する保全戦略や更新に関する計画も立てられるようになる。

本章では、「異常診断」技術の構築の後に実施する「保守・検査サービスの高度化」について説明する。

「保守・点検サービスの高度化」での、目的の例を列挙する。

- 設備オーナー(顧客)に対して合理的な保守・点検サービスを提供する.
- 合理的な保守・点検サービスには、中長期修繕計画とこれに基づく年度ごとの保守・点検サービスの提供および顧客からのクレームや機器の不具合に対する処置が含まれる.
- 中長期修繕計画には、法令点検、定期検査、大規模修繕などの施設設備を維持していく上で必要な保全項目とその費用を含む.
- 中長期修繕計画には、機器の点検、検査、更新計画に対して Step1 で実施する「異常診断」検討時の知見を組み込み、計画を策定することで顧客の施設・設備の特性に基づく計画の提案ができる.
- 顧客環境を考慮した機器寿命に基づく機器の更新や改造計画を盛り込んだ中長期修繕計画の提案.
- 中長期修繕計画に基づく年度ごとの保守・点検サービスをもれなく契約.

「保守・点検サービスの高度化」を行うためには、保守・点検サービスや中長期修繕計画の計画策定から実施までを一元管理し全体計画や年度計画および実施状況が簡単に把握できるようにする必要がある。一元管理するためには、情報をデータベース化し管理する必要がある。

但し、管理や提案のために保守・点検データを収集し管理することを目的にする場合、現場(作業員)は、管理のための情報を登録する必要があり、負担が増えるだけになる。

保守・点検データを一元管理するためには、作業員の負荷を軽減するしくみ、現状のしくみを変えずに今までと同様の業務フローの中で自然と情報が蓄積される仕組みが必要になる。

以上の観点から「保守・点検サービスの高度化」を検討するために業務の流れに沿って支援システムを検討する。

業務の流れは、「苦情・不具合対応」と「保守・点検サービス(定期点検や検査など契約に基づくもの)」に分けて考える。

3.1.1. 苦情・不具合対応

図 3-1 に苦情や不具合時の対応に関する業務の流れを示す。

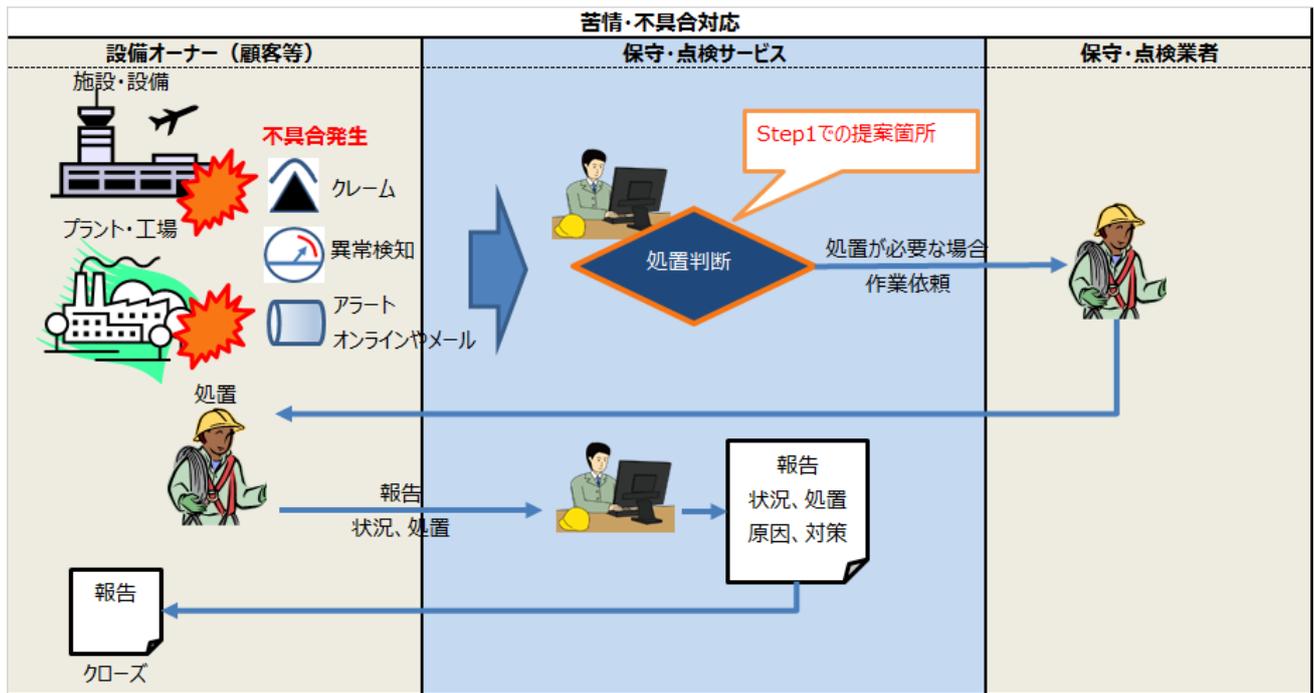


図 3-1 苦情・不具合対応に関する業務の流れ

【説明】

- 施設・設備で不具合発生または利用者からクレームが発生。不具合は、モニタリングシステムによる異常検知やアラート発生により保守・点検サービス提供会社へ通知。また、利用者からクレームとして電話連絡の場合もある。
- 保守・点検サービス提供会社では、通知された内容や検知された内容に基づき処置の必要性を判断する。処置が必要な場合は、保守・点検会社に作業を依頼する。
- Step1では、処置判断(通知された内容や検知された内容に基づき処置の必要性を判断)の方法を検討する。
- 保守・点検業者が技術者(作業員)を現地に派遣(または常駐している場合もある)し、状況の把握と処置を行う。
- 技術者(作業員)は、状況と処置内容を保守・点検サービス提供会社知らせる。
- 保守・点検サービス提供会社では、状況、処置に加え、原因や対策を検討し、顧客に報告する。

【検討事項および改善提案】

- 機器の不具合やクレームを蓄積することで「異常履歴の蓄積」(図 1.1 参照)が可能となる。
- 技術者(作業員)は、現地作業を実施するが、必ず、報告書を作成する。この時、現地にて携帯端末等を用いて従来の報告書と同じテンプレートを用いて、その場で入力できれば、報告のための報告書作成の時間を排除できる。また、入力した報告書が適切な業務フローを経由して保守・点検サービス提供会社に系統的に提出できると良い。
- 保守・点検サービス提供会社では、報告された状況と処置に原因や対策を追記する。結果を顧客に提出する様式で印刷できると報告のための報告書作成に関する時間を排除できる。
- 以上の検討事項を実現することにより、技術者(作業員)の作業負荷を減らし、保守・点検サービス提供会社による報告書作成の時間も減らせる。更に、入力した情報はデータベースに蓄積することができる。

3.1.2. 点検・保守サービス(定期点検や検査などの計画的な作業)

図 3-2 に定期的実施する点検や検査などの業務の流れを示す。

定期的実施する作業には、法令点検や維持管理のための日常点検（巡回点検など）や定期検査、寿命に伴う機器更新や設備の改造に伴う機器更新などが存在する。

定期的実施する作業は、施設・設備の長期の運用（費用）計画に基づき維持管理のための中長期修繕計画をたて、中長期修繕計画に基づき年度ごとの保守や点検を実施する必要がある。

設備オーナー（顧客）様の費用計画に密接に関係するため中長期修繕計画は根拠のある費用を提示する必要がある。また費用や実施内容については、オーナー側に対して合理的な説明を行う必要がある。

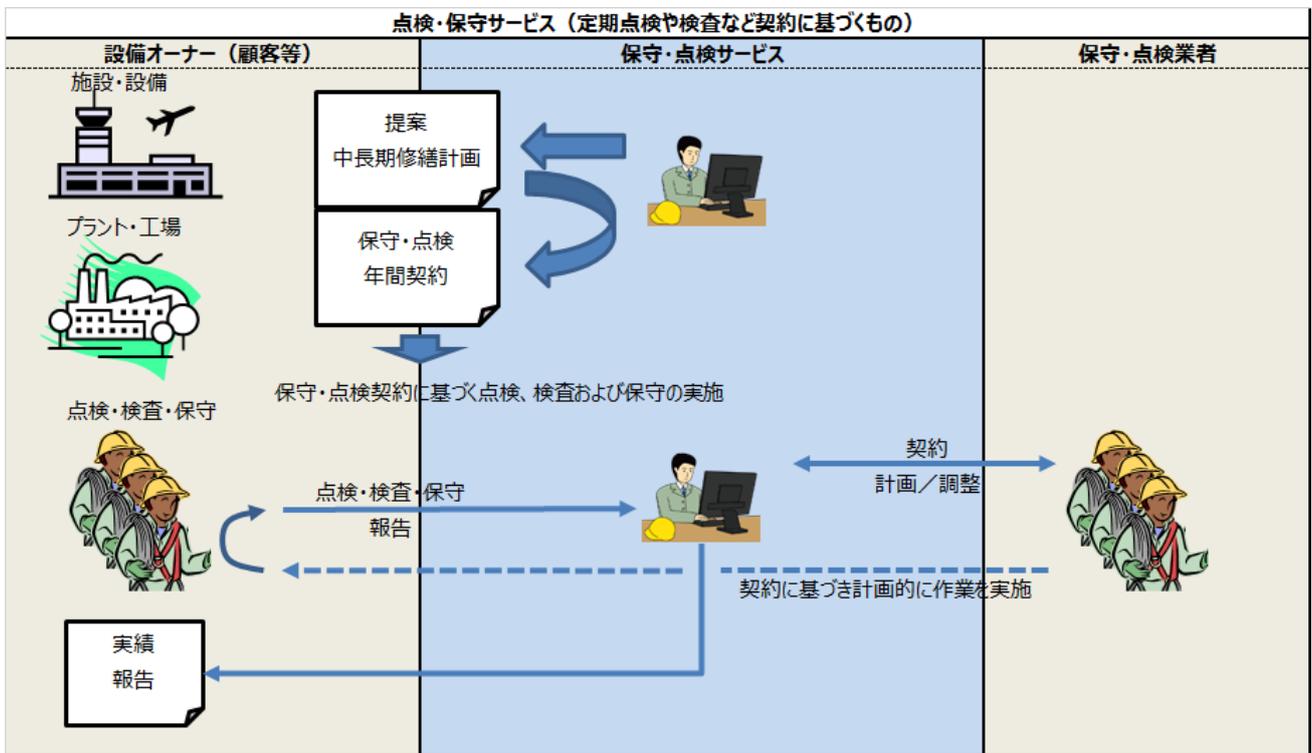


図 3-2 点検・保守サービス (定期点検や検査など契約にもと基づくもの)

【説明】

- 保守・点検サービスは顧客の施設・設備の運用計画や中長期修繕計画(費用計画を基に作成される)に基づき実施される必要がある。
- 中長期修繕計画に含まれる施設や設備を構成する機器にはそれぞれ保全戦略(方針)と具体的な計画が必要である。
- 中長期修繕計画に基づき各年度の保守・点検計画が決まる。
保守・点検サービス提供企業では、これらをもれなく受注し契約に結びつける思惑がある。
- 年度計画の中では、保守・点検業者の協力の下、点検や検査、保守を実施する。
作業を実施する上で保守・点検サービス提供企業は、作業の実施や進捗管理を行う必要がある。
- 顧客へは、必要に応じて報告を行う。

【検討事項および改善提案】

- 中長期修繕計画は、顧客の個別の施設・設備に対して作成される。

保守・点検サービス提供会社では、契約中の多数の顧客の施設・設備の中長期修繕計画が一括して参照できることで、人員配置、費用配分、計画配分の最適化ができ、中長期売り上げ計画が策定できる。本目的のために保全カレンダーが存在する。

- 中長期修繕計画の中に含まれるべき費用は、施設・設備を構成する各機器に対する保守・点検や更新計画の積上げである。機器のレベルから顧客の施設・設備全体の保守・点検計画や累積費用を管理するために保全カレンダーが存在する。
- 各機器は、寿命が存在する。寿命は、標準耐用年数を用いることが考えられるが、実際には、機器の設置環境、負荷の状況、使用頻度、保全状況により寿命が決まる。これらを考慮の上顧客の機器の寿命を決定するためには、「3.1.1」で提案した蓄積された不具合情報が有効になる。
- 各年度で実施する作業には、検査や点検が含まれる。検査や点検には、それぞれ項目表が存在する。技術者(作業員)が現地にて携帯端末等を用いて従来の項目書と同じテンプレートを用いて、その場で入力できれば、報告のための検査・点検結果報告書作成の時間を排除できる。また、入力した検査・点検結果報告書が適切な業務フローを經由して保守・点検サービス提供会社にシステム的に提出できると良い。
- 各年度の作業は、実施管理(進捗管理)を行う必要がある。また、計画の調整を行う必要がある。作業調整、実施管理(進捗管理)を行うためには、保全カレンダーが有効である。
- 保全カレンダーでは、作業の実施とその状況を管理するが、大規模工事や改造・更新のための工事では、プロジェクト管理を行う必要がある。保全カレンダー上の計画とプロジェクト管理のための機能が連携することで、工事の計画(予算化)から実施(プロジェクト管理)までを一気通貫して管理することができる。

3.2. 保守・点検サービスの支援

前節で説明した業務の流れに沿った改善提案の実現を目的とした支援ツールを紹介する。紹介するするツールを以下に示し、概要を説明する。

3.2.1. 全体の見える化(保全カレンダー)

顧客の中長期修繕計画管理するための機能が保全カレンダーである。弊社は、保全カレンダーシステム FLIPS を提供している。

保全カレンダーを用いることで、保守・点検サービス提供会社(の支店も含む)が管理する顧客の施設・設備の中長期修繕計画が管理できる。併せて、クレームや不具合の状況も管理できる。

図 3-3 に中長期修繕計画およびトラブル対応状況、図 3-4 に中長期費用計画、図 3-5 に計画調整のための年度表示を示す。

		2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年
1	[-] WF横浜支店	38	38	37	37	37	37	40	40
2	[-] 顧客A	38	38	37	37	37	37	40	40
3	[-] ビルA	22	22	21	21	21	21	21	24
4	[-] トラブル対応	1	1						
	ビルA 空調設備 送風系統 送風機 1-A... ファン								
	ビルA 空調設備 送風系統 送風機 1-A... ファンモータ								
	ビルA 空調設備 冷媒系 ポンプ 1-A... モータ								
	ビルA 空調設備 冷媒系 ポンプ 1-A... ポンプ (本体)								
4	[-] 更新								3
	ビルA 空調設備 送風系統 送風機 1-A... ファン								
	ビルA 空調設備 送風系統 送風機 1-A... ファンモータ								
	ビルA 空調設備 冷媒系 ポンプ 1-A... モータ								
	ビルA 空調設備 冷媒系 ポンプ 1-A... ポンプ (本体)								
4	[-] 定期点検	9	9	9	9	9	9	9	9
	ビルA 空調設備 送風系統 送風機 1-A... ファン	●	●	●	○	◎	◎	◎	◎
	ビルA 空調設備 送風系統 送風機 1-A... ファンモータ	●	●	●	○	◎	◎	◎	◎
	ビルA 空調設備 冷媒系 ポンプ 1-A... モータ	●	●	●	○	◎	◎	◎	◎
	ビルA 空調設備 冷媒系 ポンプ 1-A... ポンプ (本体)	●	●	●	○	◎	◎	◎	◎
	ビルA 空調設備 冷媒系 圧縮機 1-A... 圧縮機	●	●	●	○	◎	◎	◎	◎
	ビルA 空調設備 冷媒系 熱交換器 1-A... 熱交換器	●	●	●	○	◎	◎	◎	◎
	ビルA 空調設備 冷媒系 弁 1-A... 電磁弁	●	●	●	○	◎	◎	◎	◎
	ビルA 空調設備 冷媒系 保護装置... 1-A... 圧力遮断装置	●	●	●	○	◎	◎	◎	◎
	ビルA 空調設備 冷媒系 保護装置... 1-A... 可溶栓	●	●	●	○	◎	◎	◎	◎
4	[-] 点検	12	12	12	12	12	12	12	12
	ビルA 空調設備 空調機 フィルタ 1-A... フィルタ	4	4	4	4	4	4	4	4
	ビルA 空調設備 空調機 加湿器 1-A... 加湿器	4	4	4	4	4	4	4	4
	ビルA 空調設備 空調機 冷却コイル 1-A... 冷却コイル	4	4	4	4	4	4	4	4
3	[+] ビルB	16	16	16	16	16	16	19	16
1	[+] WF東京支店	16	16	16	16	16	19	16	16
1	[+] WF名古屋支店	32	32	32	35	35	32	33	33

図 3-3 中長期修繕計画およびトラブル対応状況

【説明】

- 保全カレンダーにより中長期修繕計画を管理できる。
- 保守・点検サービス提供会社の支店ごとに管理できる。
- 階層構造(ビュー)を切り替えることにより、顧客ごとや、保守・点検会社、責任者など各種の切り口で集計が可能である。
- 上例では、作業実施時期の表示を行っているが、費用に関する積上げ表示が可能である(図 3-4 参照)。
- Web システムであるため顧客との打合せ時に直接提示することが可能である。また、画面で表示している内容をそのまま帳票に出力できるため、提案時に提示することができる。
- 保全カレンダー上で作業調整ができる。作業調整では、実施時期の移動や中止、新規作業の予約ができる。
- 年度計画を調整するために年度表示が可能である(図 3-5 参照)。

支店	顧客	ロケーション	件名	ロケ...	大分類	中分類	小分類	設...	設備名称	周期	周...	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
1	[-]	WF横浜支店										37	37	37	37	37	37	40	4
2	[-]	顧客A										1830	1830	1830	1830	1830	1830	2130	2
3	[-]	ビルA										37	37	37	37	37	37	40	4
4	[+]	更新										21	21	21	21	21	21	21	1
4	[+]	定期点検										1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	2
4	[+]	点検										9	9	9	9	9	9	9	3
4	[+]	点検										950	950	950	950	950	950	950	9
3	[-]	ビルB										12	12	12	12	12	12	12	1
4	[+]	更新										240	240	240	240	240	240	240	2
4	[+]	定期点検										16	16	16	16	16	16	19	1
4	[+]	点検										640	640	640	640	640	640	940	6
1	[-]	WF東京支店										4	4	4	4	4	4	4	3
2	[-]	顧客A										400	400	400	400	400	400	400	4
3	[-]	ビルT										12	12	12	12	12	12	12	1
4	[+]	更新										240	240	240	240	240	240	240	2
4	[+]	定期点検										16	16	16	16	16	16	19	1
4	[+]	点検										640	640	640	640	640	640	940	6
												16	16	16	16	16	16	19	1
												640	640	640	640	640	640	940	6
												4	4	4	4	4	4	4	3
												400	400	400	400	400	400	400	4
												12	12	12	12	12	12	12	1
												240	240	240	240	240	240	240	2

図 3-4 中長期費用計画

【説明】

- 保全カレンダーでは、表示している階層に沿う費用集計の結果を表示することができる。また、階層は任意に変更することができる。本機能を用いることで、色々な切り口で費用の集計を参照することができる。
- 上図の例では、カレンダー部(画面右側)の上段に作業件数、下段に集計された費用を出力している。
- 費用集計は、切り替えることができる。上段に計画費用、下段に実績費用を出力することで、予実管理が可能となる。
- 年間契約に基づく作業のように各作業で費用を記入しない場合、代わりに、工数(人数x時間など)を出力することもできる。

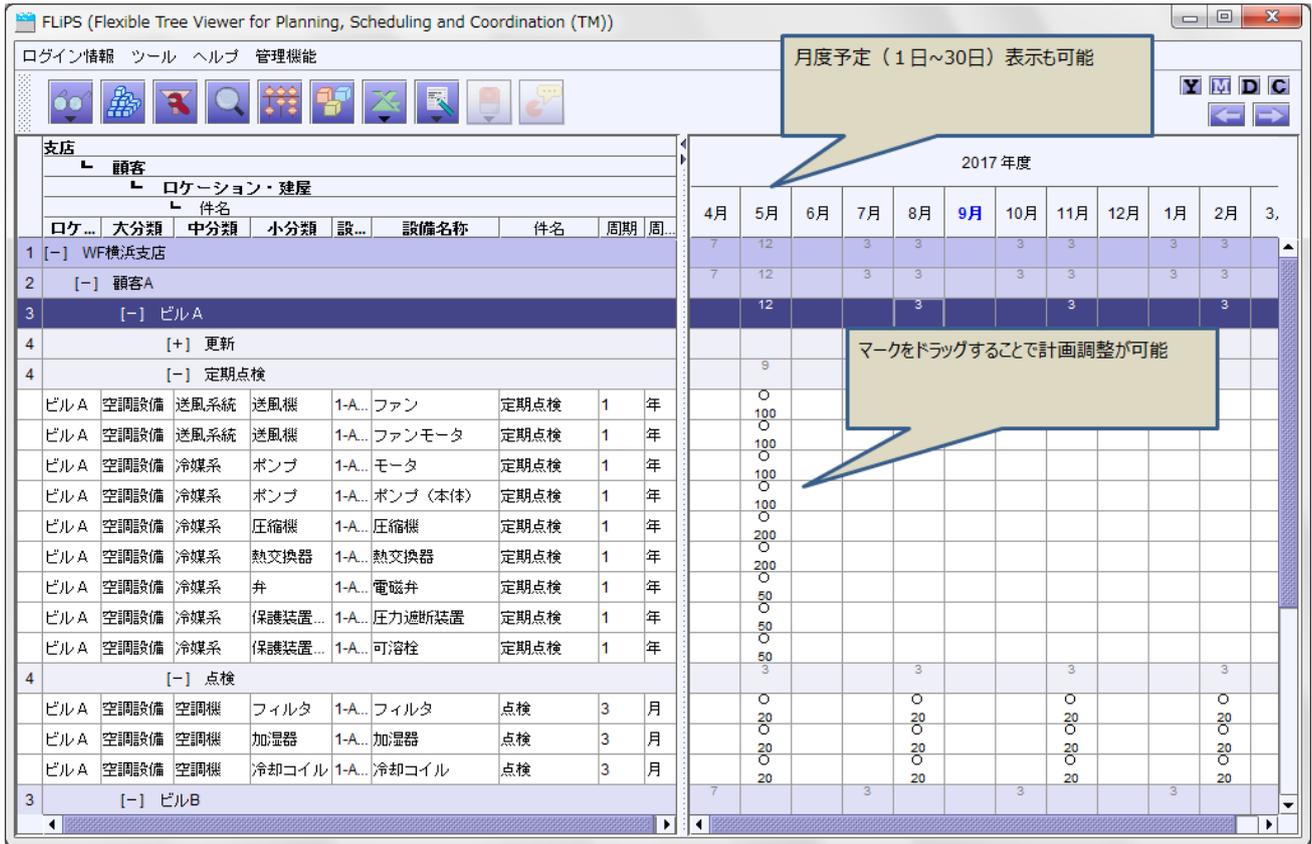


図 3-5 年度表示

【説明】

- 保全カレンダーは年度表示が可能である。年度内の作業実施時期の調整は、年度表示画面で実施することができる。実施時期の調整は、マークをドラッグすることで実施可能である。
- 上図の例では、カレンダー部(画面右側)の上段に作業件数、下段に集計された費用を出力している。
- 費用集計は、切り替えることができる。上段に計画費用、下段に実績費用を出力することで、予実管理が可能となる。
- 費用を表示した状態のまま計画の移動ができるため、費用の山積み・山崩しが可能である。
- 表示している状態をそのまま印刷することができるため、保守・点検業者との打合せに利用することができる。
- 管理している項目(例えば費用)に関して、セキュリティ機能を用いて、ユーザグループ単位で表示有無や入力可否を指定できる。本機能により、保守・点検業者に費用などの情報を見せずに実績の入力を実施してもらうことが可能となる。

3.2.2. 不具合の管理

保守・点検業者の技術者(作業員)は、機器の不具合や利用者からのクレームなどの依頼による処置を実施した場合、状況や処置内容を顧客および保守・点検サービス提供会社に報告する。保守・点検サービス提供会社は、別途、原因や対策を取りまとめ顧客に報告する。

技術者(作業員)や保守・点検サービス提供会社の担当者は、都度、報告のための書類を作成するのではなく、携帯端末を用いて担当箇所のみを入力することで、データベースへの登録および報告

書を作成する仕組（帳票管理システム i-Reporter）が存在する。本システムを用いることで、以下を実現できる。

- 今まで使っていた帳票と同じ様式で、携帯端末から入力ができる。
- i-Reporter の機能を活用することで、入力の簡略化を図ることができる。
 - 値リストからの選択
 - 音声による入力
 - 現場写真の添付、フリーハンドでコメントの付与
 - 承認フローの適用
 - 関連図書の参照

図 3-6 に携帯端末を用いた不具合報告と点検・検査結果入力の例を示す。下図はイメージ図である。具体的な画面については、問合せ頂きたい。



図 3-6 携帯端末による不具合報告および点検・検査結果入力（イメージ図）

【説明】

- 現在使用中の検査や点検項目表が利用できる。
- 帳票で入力した結果を保全カレンダーに反映することができる(上図の下部の2帳票例参照)。
- 保全カレンダーで計画した計画的な検査や点検に対応する検査項目表を表示できる(上図右側の帳票例参照)。
- 図の数値つき噴出しを選択することで、検査項目入力を表示することができる(上図右側の帳票例参照)。
- 検査項目表に記載の関連図書へのリンクを選択により詳細説明を表示することができる。
- 写真の添付や写真へのコメント付与が可能である(上図の左側の帳票例参照)。
- 突発作業など、緊急作業は、帳票に対応を記載することで、保全カレンダーに事後プロットまたは 3.2.3 で説明する苦情管理や作業依頼の情報を作成することができる。
- 本情報は、機器の不具合履歴として蓄積される。
- 機器の不具合情報を蓄積することで、機器の寿命に関する評価が可能となり、定期的な保全業務の有効性評価や顧客の環境、負荷状況、使用頻度に基づいた更新や改造計画の提案に繋がる。

3.2.3. 苦情管理と作業依頼

施設・設備の利用者からのクレーム、機器の異常が発生した場合、保守・点検業者の技術者（作業員）が調査や修理を実施する。このように作業依頼に基づく作業を単に作業依頼という。作業依頼を管理するためにチケット型依頼管理システム AiPOST が存在する。本システムを用いることで、全社的な依頼作業の一括管理が可能となる。本来は、保全状況が正しければ、不具合やクレームが発生しないが、これらの情報を蓄積し後で分析することにより、機器寿命の評価や定期的な保全内容の有効性の評価が可能となる。

図 3-7 に作業依頼一覧、図 3-8 に作業依頼票を示す。

The screenshot shows the AiPOST 'チケット検索' (Ticket Search) interface. The top part displays a list of search conditions with columns for No., 検索条件名称 (Search Condition Name), 利用範囲 (Usage Range), and 削除 (Delete). The bottom part shows a detailed view of a ticket with columns for No., 件名 (Subject), 文書管理番号 (Document Management No.), 受付日時 (Received Date/Time), ステータス (Status), テンプレート (Template), 発信者 (Sender), 設備番号 (Equipment No.), and 設備名称 (Equipment Name).

No.	検索条件名称	利用範囲	削除
1	起票一覧	全員	-
2	●私が依頼したもの●	個人	-
3	WF横浜支店管轄の苦情通知	個人	-
4	WF東京支店管轄の苦情通知	個人	-
5	依頼一覧	個人	-
6	顧客Aからの苦情通知	個人	-
7	顧客Bからの苦情通知	個人	-
8	顧客Cからの苦情通知	個人	-
9	実施中一覧	個人	-

No.	件名	文書管理番号	受付日時	ステータス	テンプレート	発信者	設備番号	設備名称
1	ポンプ振動及びノイズ	苦情-0001	2016/01/13	実施	苦情通知	作業員A		冷却系ポンプ
2	空調が効かない	苦情-0002	2017/03/30	依頼	苦情通知	作業員A		

図 3-7 作業依頼一覧

【説明】

- 作業依頼一覧では、任意の条件で一覧を表示できる。上図の場合、支店ごとの担当作業一覧や顧客ごとの作業一覧表示、自分ガ作成した作業依頼の状況の確認ができることを示している。
- 一覧の条件は、利用者が必要に応じて作成することができる。
- 作業一覧の印刷が可能である。

作業依頼で管理する項目の内容はユーザが決定し、作成することができる。作成された作業依頼は、承認フローに基づいて回覧できる。

The screenshot displays the 'AIPOST チケット情報' (AIPOST Ticket Information) page. The browser address bar shows 'localhost:8080/AIPOST/ticket/ticket-input.action?mode=2&ticketID=22'. The page is divided into several sections:

- Header:** Includes navigation menus (作業, 帳票出力, 管理, ヘルプ) and the user 'ログインユーザー: 保全A'.
- Template Information:**
 - 件名: ポンプ振動及びノイズ
 - 更新日: 2017/09/07 21:32
 - 更新者: 保全A
 - 作成日: 2016/01/13 10:22
 - 作成者: 保全A
- Details:**
 - 説明: 定期検査後のポンプで振動及びノイズ発生。性能には影響は出ていない。緊急対応願う。
 - 受付日時: 2016/01/13
 - オーナー: 保全A
 - オーナーグループ: 管理者
- Status Flow (ステータスフロー):** A vertical timeline showing the ticket's progress:
 - 起票 (2016/01/13 10:22, 保全A)
 - 依頼 (2016/01/13 10:23, 保全A)
 - 受領 (2016/01/13 10:23, 保全A)
 - 調査 (2016/01/13 10:23, 保全A)
 - 実施 (2016/01/13 10:23, 保全A)** (highlighted)
 - 完了
 - キャンセル (dashed box)
- Main Form Fields:**
 - 発信者: 作業員A
 - 設備番号: (empty)
 - 設備名称: 冷却系ポンプ
 - 対応者: 作業員B
 - 状況コード: 振動
 - 状況: 定期検査終了機器で以下の不具合有
①微小な振動
②微小なノイズ
 - 処置日: 2016/01/13
 - 処置コード: 修理
 - 処置: 設置のやりなおし
 - 取外し機器: (empty)
 - 取付け機器: (empty)
 - 分析:
 - 原因コード: 保全不良
 - 原因: 分解点検後の設置にて適正な工具を用いていなかった。
 - 対策コード: 手順見直し
 - 対策: 手順書の記載内容の再確認
手順書遵守徹底
- Footer:** Buttons for 'ステータスを戻す', 'ステータスを進める', '保存', and '閉じる'.

図 3-8 作業依頼票 (チケット)

【説明】

- 作業依頼の項目はユーザが任意に作成でき、値リストからの選択、フリーフォーマットでの入力可能。
- 作業依頼の項目は、依頼者記入部、受付者記入部、実施者記入部に分けることができ、各担当者が自分に割り当てられた項目を入力することで、作業を進める。

- 各入力では、承認フローが適用される。入力可否、表示可否が制御される。
- 入力した作業依頼の内容は、ユーザが準備した帳票形式で出力できるため、そのまま管理帳票や報告書として活用できる。
- 本情報は、機器の不具合やクレーム履歴の蓄積に活用できる。
- 不具合やクレーム情報を蓄積することで、機器の寿命に関する評価が可能となり、定期的な保全業務の有効性評価や顧客の環境、負荷状況、使用頻度に基づいた更新や改造計画の提案に繋がる。

3.2.4. 工事管理

保全カレンダーでは、中長期修繕計画を管理する。中長期修繕計画内に計画された作業の中でも大規模なものは、プロジェクトの管理を行う必要がある。また、短い期間で多数の作業を実施する必要がある場合やクレーンなどの重機が必要な場合など、必要なリソースを効果的に利用する必要がある場合、プロジェクトの管理が必要となる。弊社では、プロジェクトを管理するためにウェブアイ社の工程's（ガントチャート形式のプロジェクト管理ツール）の活用をお勧めしている。

図 3-9 に保全カレンダーとガントチャートの連携、図 3-10 にビューの切り替えを示す。

工程's は、一度プロジェクト情報を入力すると視点（ビュー）を切り替えてガントチャートを表示することができる。特にこの機能は重要で、プロジェクトを作業別に入力した後、業者ごとに見たいなどの要求がある場合、何を基準にして表示するかを定義するだけでビューを切り替えられるため、非常に便利な機能である。

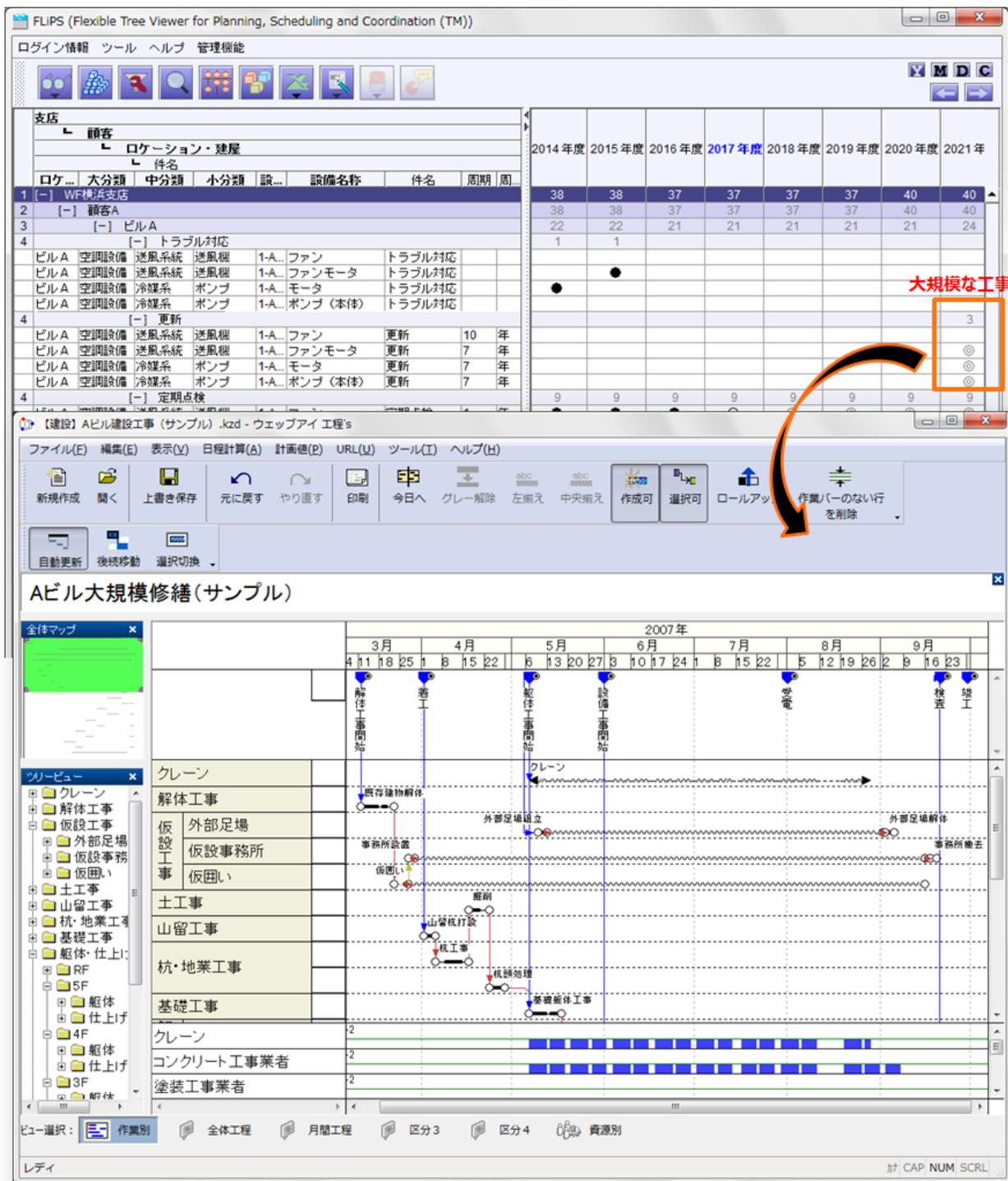


図 3-9 保全カレンダーとガントチャートの連携

【説明】

- 保全カレンダーに記載された作業をガントチャートに反映する(以下、現在検討中)。
- 予め、工事のテンプレートとなる作業工程を作成しておき、保全カレンダー上の作業の種別により適切なガントチャートを表示することで連携を行う。
- テンプレートとなる作業工程の件名や開始日の調整を行う。

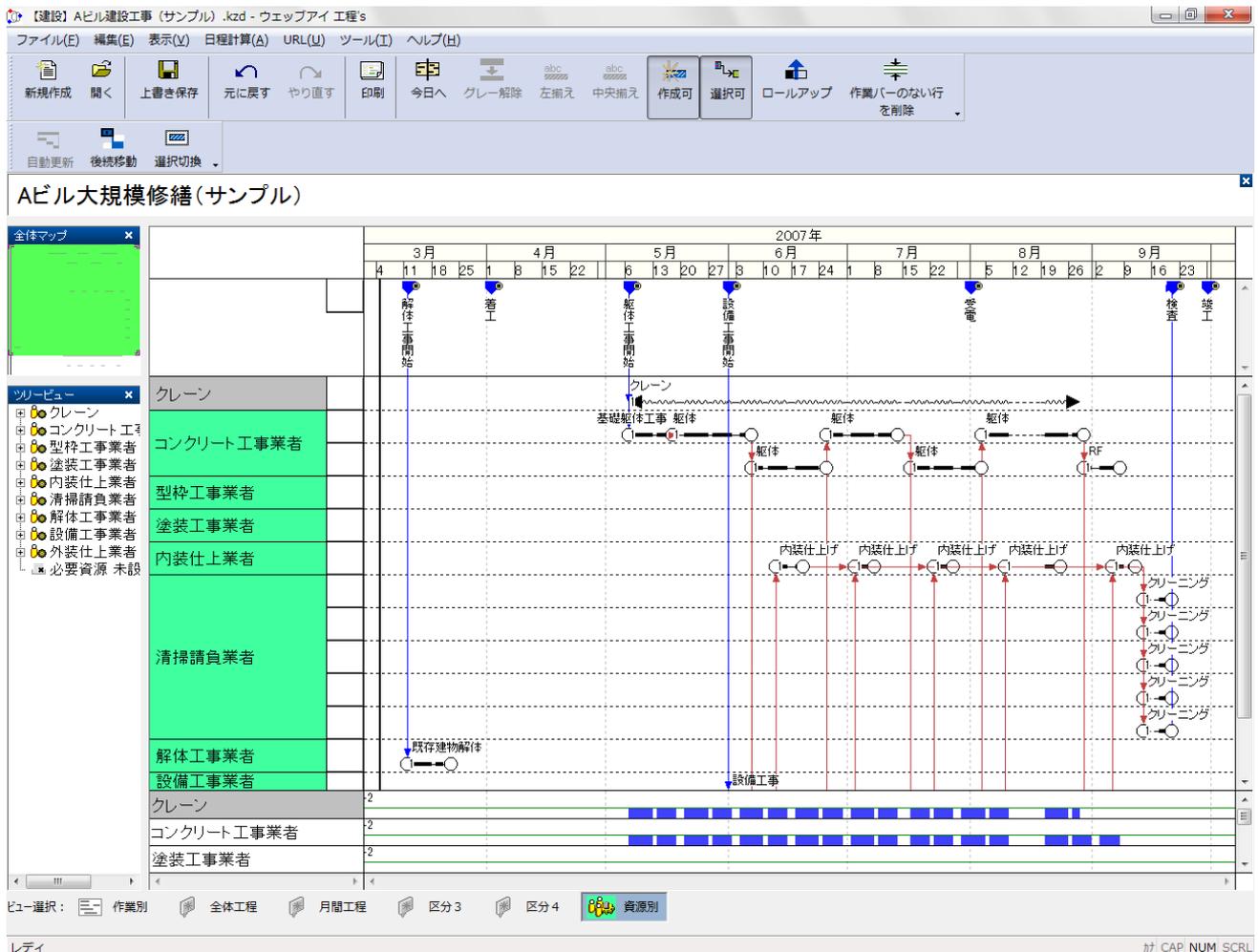


図 3-10 ビューの切り替え

【説明】

- 基本となるガントチャートが作成できれば、ビューを切り替えることにより、異なる視点でガントチャートを参照することができる。

3.2.5. 保守・点検サービスの最適化

保守・点検サービスの最適化は、蓄積された不具合や故障情報を評価、または、デジタルツインの考え方に基づく実システムの評価による将来予測（図 1.1 参照）を活用して対象機器の保全戦略を最適化していく作業となる。中長期修繕計画を最適化された保全戦略により修正していくことを繰り返すことで保守・点検サービスの合理化を図ることができる。

保全戦略の最適化には、以下が含まれる。

- 予防保全の有効性評価。
- 状態基準保全の有効性評価。
- 点検・検査の有効性評価。
- 以上のいずれもが有効でない場合で設備重要が高い場合、設計の変更。
- 費用(人件費、資材費、その他)の検討。
- 予防保全が有効な場合の適正周期の評価。

3.3. 製品紹介

前節までに業務の流れに沿って各作業に必要な機能（ツール）と弊社からの提案を説明した。紹介したツールを図 3-12 と表 3-1 にまとめる。

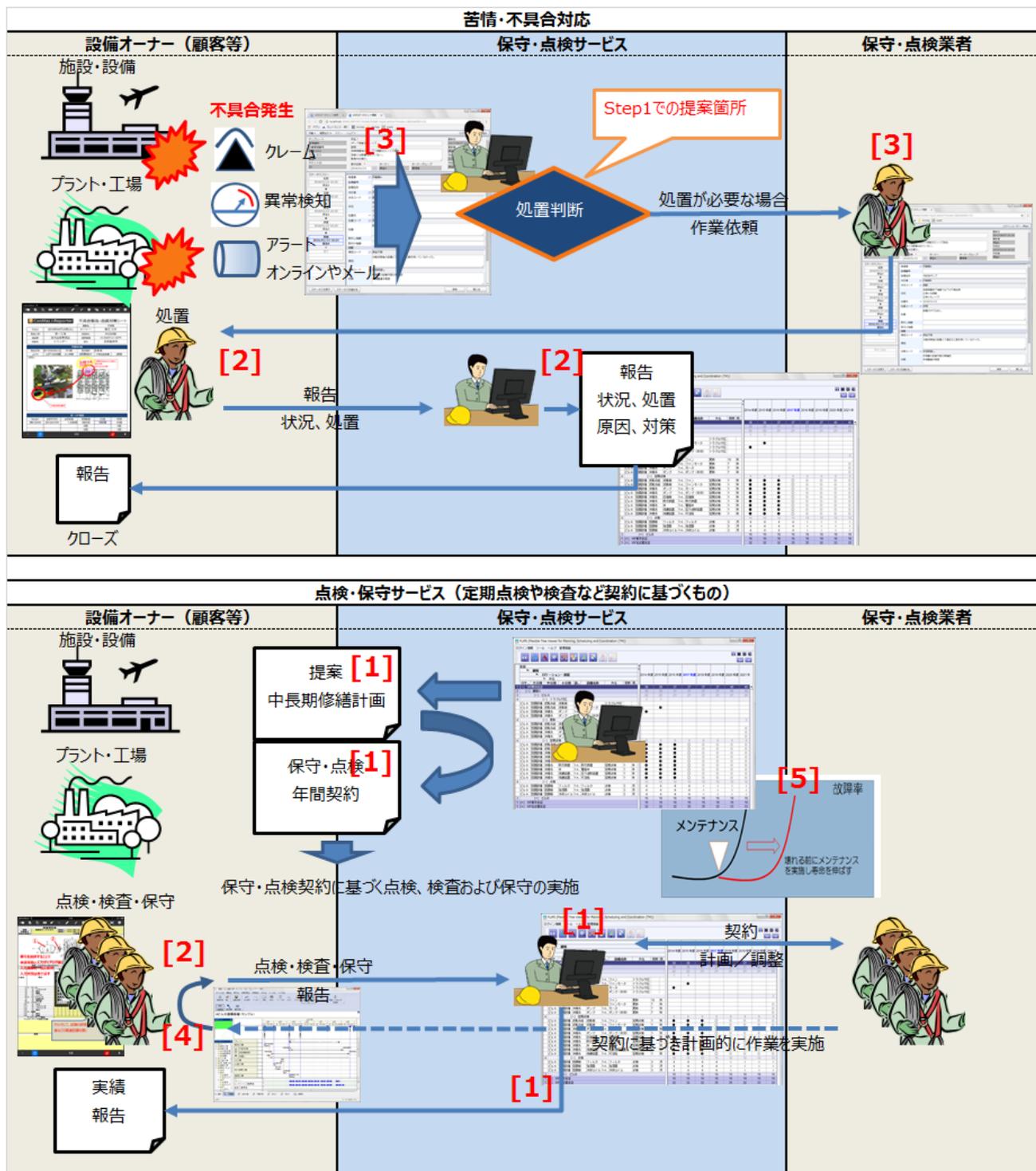
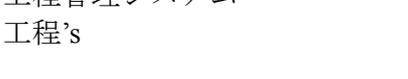
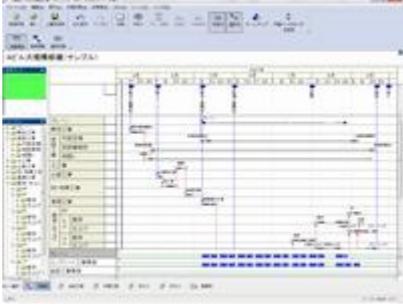
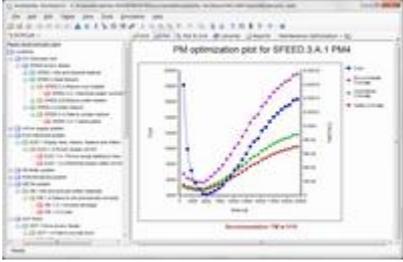


図 3-12 保守・点検サービスの合理化を支援するツール

表 3-1 提案した製品の一覧

番号	製品名	改善される内容
[1]	保全カレンダーシステム FLIPS 	以下の情報をカレンダー形式で一括管理 <ul style="list-style-type: none"> ・ カレンダー形式による中長期修繕計画及び実績の管理 ・ 中長期修繕費計算 ・ 予実管理 ・ 計画調整 ・ 不具合情報も併せて管理 ・ 各種帳票（提出用、管理用、評価用）対応
[2]	帳票管理システム i-Reporter 	作業員の作業支援を以下のとおり支援 <ul style="list-style-type: none"> ・ 検査項目表をはじめとする各種帳票を管理し、タブレットやスマートフォンで入力可能 ・ 関連図書の表示 ・ 各種入力方式 <ul style="list-style-type: none"> ・ EXCEL ライクな入力 ・ 写真の添付と手書きコメントの付与 ・ 音声入力 ・ 保全カレンダーシステムとの連携（結果の反映） ・ 依頼管理システムとの連携（依頼の起票）
[3]	チケット型依頼管理システム AiPOST 	作業依頼に対するステータスの管理を以下のとおり実施 <ul style="list-style-type: none"> ・ 業務フローに基づく依頼及び処置の管理 ・ 利用者ごとのインボックスの作成 <ul style="list-style-type: none"> ・ 作業遅れの監視 ・ 依頼の対応漏れの排除 ・ 柔軟な業務フロー対応 ・ 業務グローの変更、管理項目の変更が簡単 <ul style="list-style-type: none"> ・ 業務を実施しながら変更が可能 ・ 保全カレンダーシステムとの連携（依頼作業のプロット） ・ 各種帳票（提出用、管理用、評価用）対応
[4]	工程管理システム 工程's 	保全カレンダー上のプロジェクトに対する工程管理 <ul style="list-style-type: none"> ・ 入力が簡単 <ul style="list-style-type: none"> ・ 日本人の計画作成を研究しつつし入力方式を決定

		<ul style="list-style-type: none"> • ビューの設定が可能 <ul style="list-style-type: none"> • 作業に着目する工程 • 業者に着目する工程 など • 保全カレンダーとの連携（検討中）
<p>[5]</p>	<p>信頼性、保全性、安全性評価ツール Availability Workbench</p> 	<p>故障分布を考慮した保全計画の策定を支援</p> <ul style="list-style-type: none"> • 保全項目の決定は RCM スキームに基づく <ul style="list-style-type: none"> • 予防保全、状態監視保全の有効性評価 • 適正保全周期や適正な更新時期の計算 • 修繕費のシミュレーション • 結果を長期修繕計画に反映 <ul style="list-style-type: none"> • 顧客への提案に盛り込む • 故障率計算（ワイブル分析） • システム全体や機器単体の LCC 計算 <ul style="list-style-type: none"> • LCC 計算には、計画保全のみならず故障発生確率と必要費用、作業時間を考慮 • LCC 計算と同時に稼働率計算が可能

4. ウェーブフロントの強みと実績

4.1. ウェーブフロントの強み

弊社の持つ強みは以下の2点である。

1. 流体解析に関わるソフトウェアと保全分野のシステムを一括して開発、販売しており両者を組み合わせたソリューション(※1)を提供している。
2. 保全分野では自動車部品や半導体製造装置等のものづくり分野から化学プラント、鉄道、原子力発電、航空宇宙設備、改札機械、下水道等インフラ分野まで幅広く実績(※2)があり、現在進行形で多くのプロジェクトを実施中。

※1: 単なるシステム導入ではなく、故障メカニズムや機器特性の解明、保全方式の検討、台帳整備、システム化までを一気通貫で実施支援。

※2: 実績の一部を次項にて掲載。

4.2. 受注実績

- ・ 電力会社向け保全プログラムの導入
※保全プログラムとは、原子力分野での用語で信頼性中心保全に基づく保全計画策定手法を指す
- ・ 地方自治体向けリスク評価を含む保全カレンダーシステムの構築と導入
※設備資産管理におけるストックマネジメントへのリスク評価の適用
- ・ 電力会社向け回転機に対する検査結果及び 故障履歴に基づく故障率推定と保全計画への反映
- ・ 建設会社向け MT 法に基づく機器特性の分類及び寿命推定と保全計画への反映
※ツール化して提供
- ・ 射出設備における故障率推定と保全方式の検討及び計画への適用
- ・ 航空保安施設の故障率推定と保全計画への反映
※コンサルティング会社経由
- ・ 重工向け特注品に関する故障率推定方法の検討
- ・ 検査結果に基づく寿命予測や次回点検日決定と それらに基づく保全計画作成の自動化
※民間企業で多数の実績あり
- ・ CFD ソフトウェア(シミュレーション)を活用した各種装置の解析(トラブルシューティング含む)
※民間企業で多数の実績あり