

令和4年度(先導事業者型)

新しい設計概算手法によるコスト算出の迅速化とAIコスト予測に関する評価・検証

および

BIMモデル×自律型ドローンを活用した遠隔工事監理手法(進捗管理効率化)に関する評価・検証

- | | |
|-------|--|
| 検証A-1 | BIMモデルにおける内部仕上情報および連携するExcel単価連携の評価・検証 |
| 検証A-2 | AIアルゴリズムの検証およびPoCおよびコスト可視化による評価・検証 |
| 検証B | 自律型ドローンとBIMモデルを活用した遠隔工事監理手法に関する評価・検証 |

令和4年度 BIMモデル事業 成果報告会

令和5年7月25日

東洋建設株式会社

技術指導および委託業務企業



株式会社日積サーベイ
Nisseki Survey

検証A-1



燈株式会社/AKARI Inc.
東京大学/松尾研究室発AIスタートアップ

検証A-2



株式会社センシンロボティクス
SENSYN ROBOTICS, Inc.

検証B-1

IPD(Integrated Project Delivery)の実現に向けて

- ✓ BIMモデルを用いて概算することにより、設計担当者がリアルタイムにコストを意識した設計が可能となる。また、設計BIMの付加価値を高め、BIMの普及につなげたい。
- ✓ BIMで算出したコストをグラフ化(可視化)し、関係者間で共有することで、プラン検討の円滑化や意思決定の迅速化につなげたい。
- ✓ AIアルゴリズムによる価格予測により、少し先の価格動向を掴み、円滑なプロジェクト遂行につなげたい。

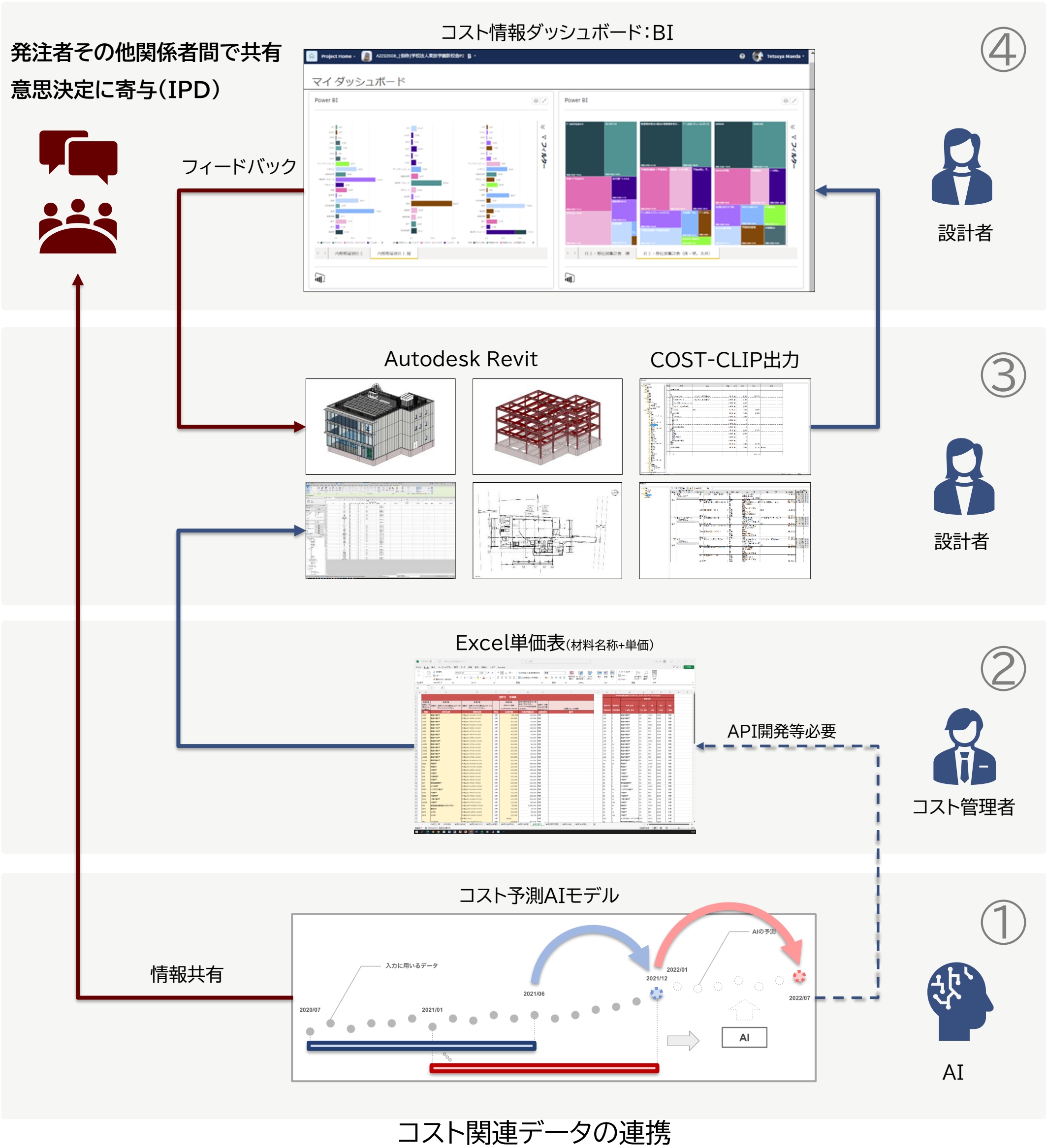
発注者にとってのメリット

- ✓ 高品質で満足度の高い建物へ
- ✓ リスク低減
- ✓ タイムリーなプロジェクト完了
- ✓ コスト削減

Point

「初期段階での設計との調整」

「関係者間の協力」



③で作成された明細書をダッシュボード化し、関係者間で共有。コストシミュレーションや傾向分析に活用。合意形成の迅速化や品質向上に役立てる。

BIM概算でコストを算出。

①を単価表に反映させる。

AIによる価格予測。主要部材の価格動向を把握し、関係者間での合意形成に役立てる。

IPD(Integrated Project Delivery)の実現に向けて

- ✓ BIMモデルを用いて概算することにより、設計担当者がリアルタイムにコストを意識した設計が可能となる。また、設計BIMの付加価値を高め、BIMの普及につなげたい。
- ✓ BIMで算出したコストをグラフ化(可視化)し、関係者間で共有することで、プラン検討の円滑化や意思決定の迅速化につなげたい。
- ✓ AIアルゴリズムによる価格予測により、少し先の価格動向を掴み、円滑なプロジェクト遂行につなげたい。

発注者にとってのメリット

- ✓ 高品質で満足度の高い建物へ
- ✓ 工期短縮
- ✓ タイムリーなコスト完了

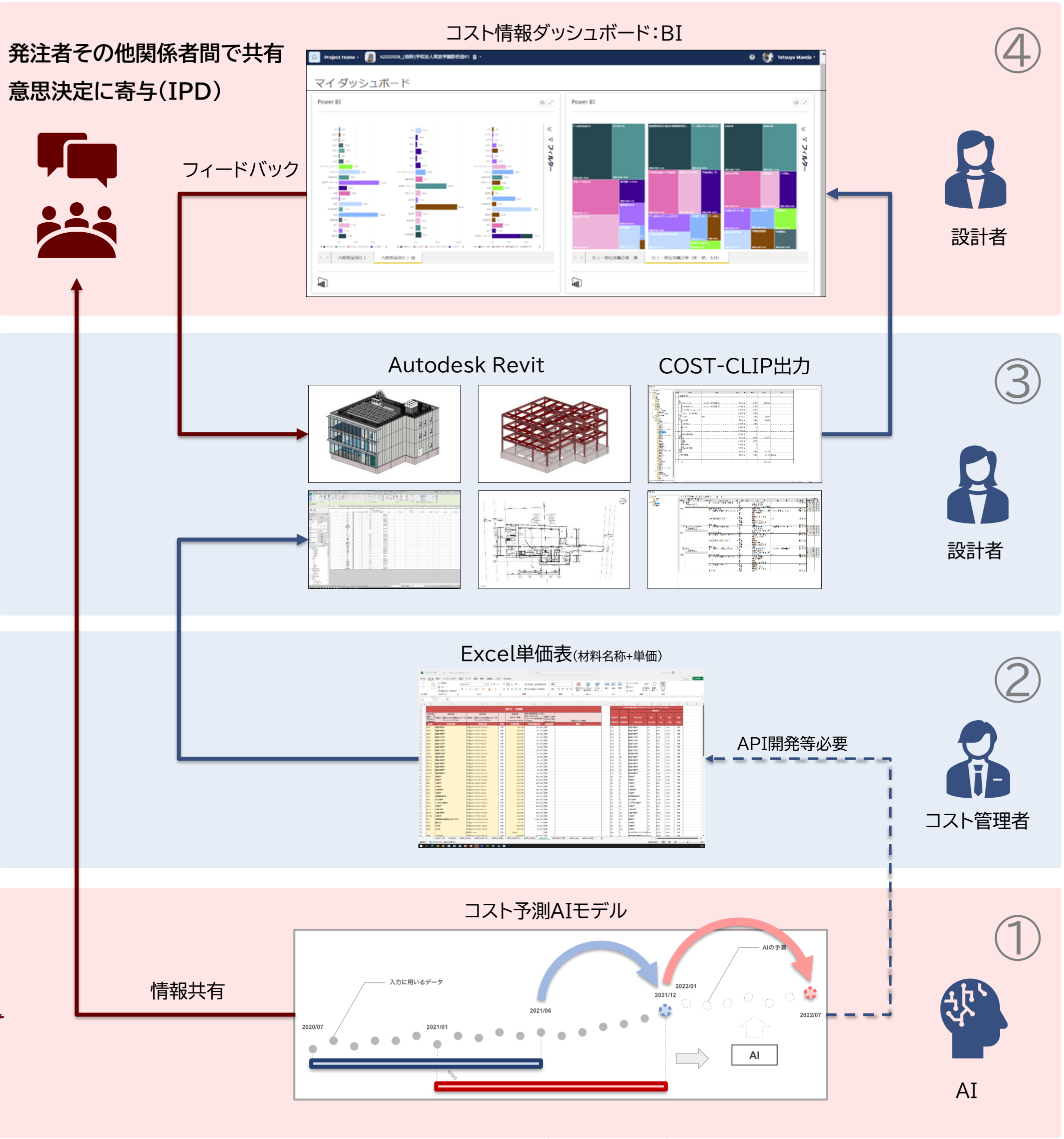
AIアルゴリズムの検証
および
PoCおよびコスト可視化による評価・検証

Point

「初期段階での設計との調整」
「関係者間の協力」

検証A-1

BIMモデルにおける内部仕上情報
および
連携するExcel単価連携の評価・検証



③で作成された明細書をダッシュボード化し、関係者間で共有。コストシミュレーションや傾向分析に活用。合意形成の迅速化や品質向上に役立てる。

BIM概算でコストを算出。

①を単価表に反映させる。

AIによる価格予測。主要部材の価格動向を把握し、関係者間での合意形成に役立てる。

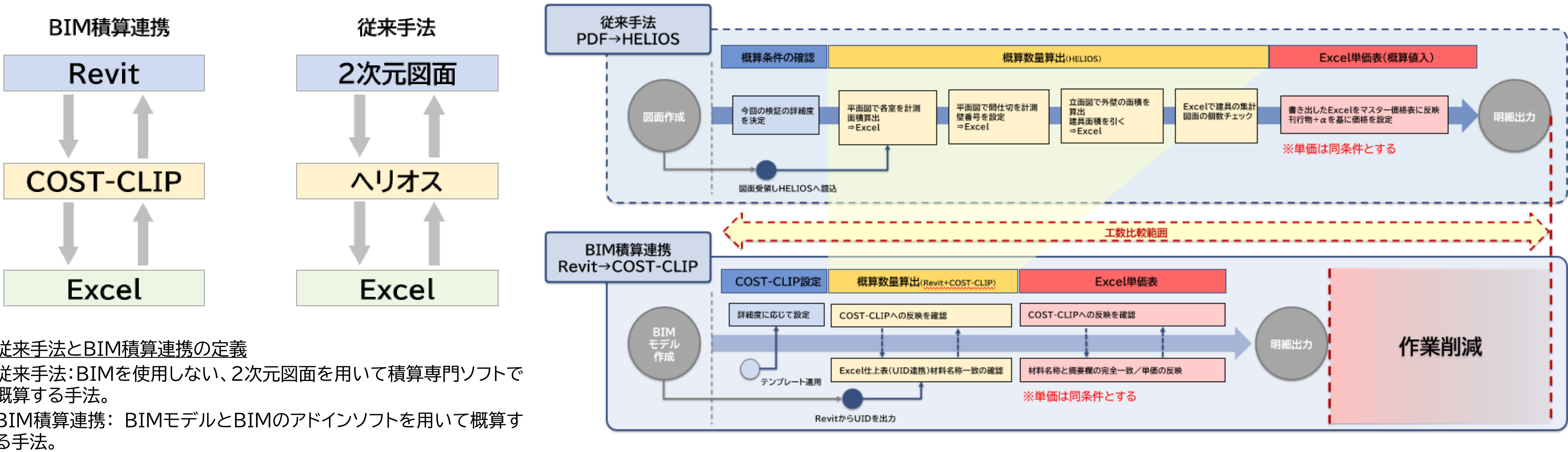
1.分析する課題

① 正確性の検証

従来の概算手法を正とし、BIM積算連携でどの程度差が発生するかを検証する。

② 工数・時間の比較

BIM積算連携の「工数削減」について、従来手法と比較し工数・時間を比較検証する。



従来手法とBIM積算連携の定義
従来手法:BIMを使用しない、2次元図面を用いて積算専門ソフトで概算する手法。
BIM積算連携: BIMモデルとBIMのアドインソフトを用いて概算する手法。

2.検証結果 ①

概算時において十分活用できる精度を確認できた。誤差は生じるものの、許容範囲内であると認識している。以下のような傾向が確認できたことで、補正係数を使用した算出方法も検討できる。

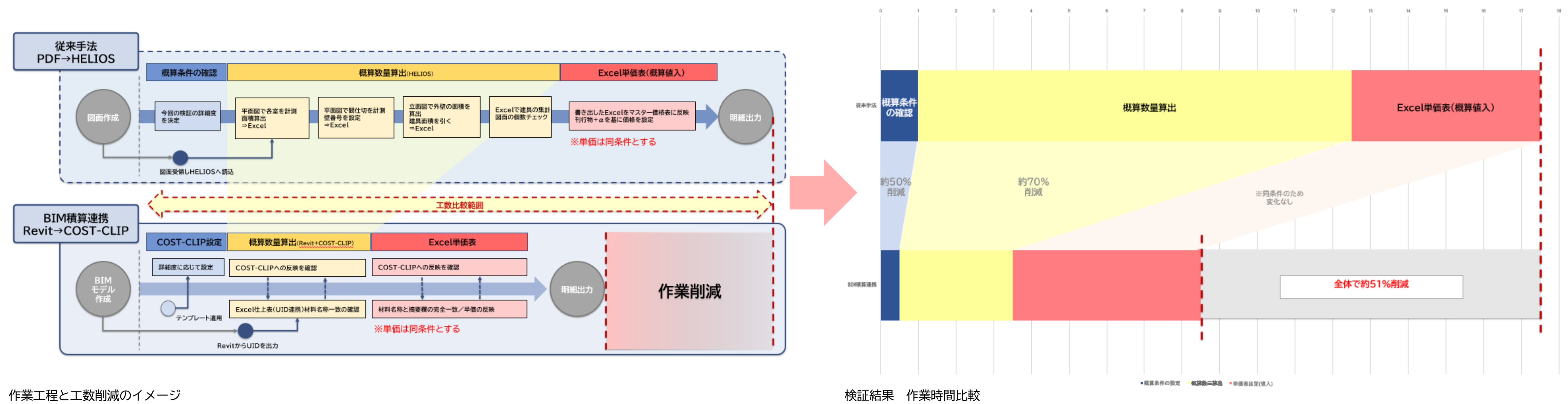
【検証 I :ProjectT】

	検証条件	検証結果		
	イメージ	評価	誤差範囲 (総数量比較結果)	考察
部屋 (床壁天井)		○	床・天井 4% 巾木・廻り縁 5% 壁 4%	床、天井は、ほぼ近い数量の結果がある中、従来手法より20%程度大きく出た部屋もあった。(仕上材ごとの比較) ⇒従来手法は部屋の内々を取るが、BIMモデルの部屋は躯体芯を捉えるため、外部に面した部屋や防音対策により壁をふかす場合などに誤差が確認された。 - 一部BIMの方が小さく出たものは、部屋に廊下を含めるか否かの違いによるもの。 ⇒廊下に部屋を設けることで積算可能。部屋境界の捉え方はルール整備が必要。 - 壁は、部屋の周長が影響する。劇場等の防音仕様の部屋では周長が約1.57倍となり、壁の数量に大きく影響した。
壁 (外壁)		◎	5%	誤差は少なかった。 ⇒外壁は上階まで延ばすのが基本であり、高さ情報が明確なため良い結果となった。
壁 (間仕切)		◎	修正前 5% ↓↓ スラブtoスラブに 修正後 1%	従来手法より数量が小さい印象。 ⇒モデルの作り込みにより、壁の高さが今回の概算ルールと異なる部分があり、天井止まりかスラブまでかの違いで、壁種によって30%程度誤差が出た。(壁種別ごとの比較) ⇒概算のルールに統一することで、5%程度の誤差に納まった。(壁種別ごとの比較)
建具		◎	0%	- 箇所計上のため誤差はなし。 - 一部の防音仕様の窓ドアについて、作図のルール整備が必要。 ⇒2重サッシはファミリーを分けて作図し、内外壁に配置することで対応可能。 ⇒SD+AW等、種類の異なるものは分けて作図しないと積算不可。 - カーテンウォールで作成された建具は、1辺につき1箇所(L型形状の場合はAW1-1,AW1-2と別々に計上される) また、壁カテゴリであるにもかかわらず、建具のパラメーターを使用する必要があった。

2.検証結果 ②

目標:コスト算出結果取得までの時間または日数:50%削減

集計の結果、全体で約51%、削減効果が高いと予想した「概算数量算出」の工程で約70%削減できたことがわかった。BIM積算連携では、実行ボタンをクリックするだけであるが、実際は価格が適切に入らない等のエラー対応や仕上表の修正作業が発生する。Excel仕上表や単価表の調整は人の手で行うものであり、作業工程として含めている。より使いやすい単価表の整備等、検証を積み重ねることで、より削減効果が期待できると考える。



3.今後の課題

実用化に向けて

単価の管理について

プロジェクトごとに単価表をコピーして使用するのでは、単価の最新の状態を管理するのが困難になる。しかし、どのプロジェクトにも対応しうる単価表を作成したところで、あるプロジェクトでは不要な膨大な情報に、**使い勝手が悪くなる懸念**がある。例えばExcel単価シートをクラウド上で共有するなど、**管理を1つにまとめること**が理想であるが、詳細な方法については、さらに検証が必要である。

算出結果のチェック体制について

現在は、従来通りの「全体から詳細を見て、不具合に気づく」という、人による経験値によるチェックが必要である。将来的に、**自動でチェックできるシステム**、例えばAIを活用したシステム開発など、自動でエラーを見つけることで、より効率的な運用が可能となる。

事業者として今後さらに検討・解決すべき課題

S1段階での総合的な概算の検討

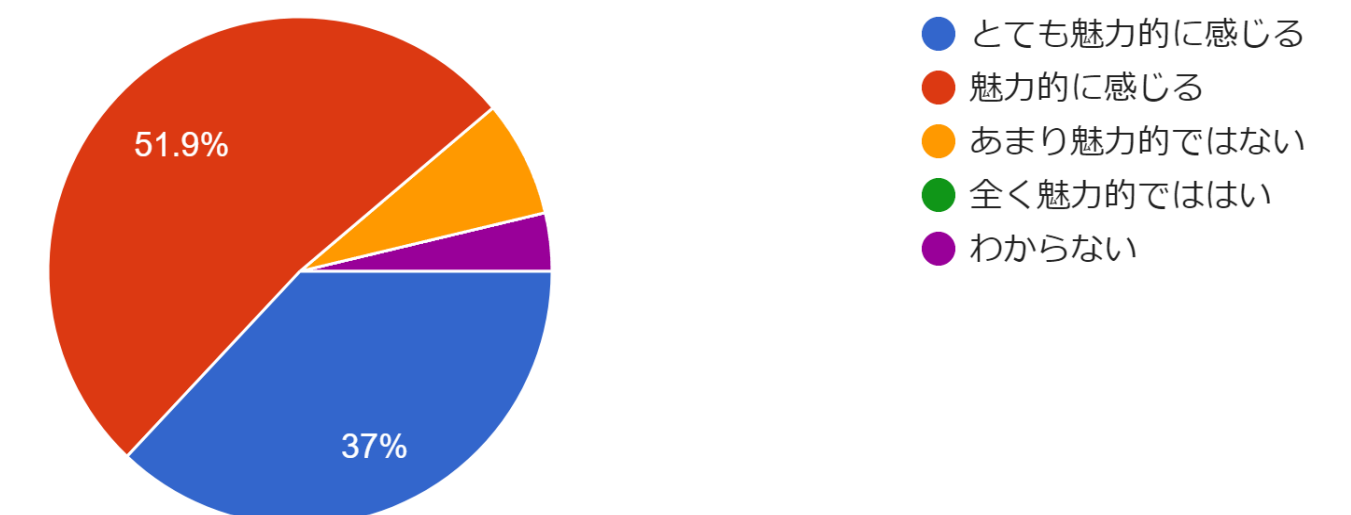
今回は、対象部位を限定して検証を実施したが、アンケートのコメントの一つに、「建物の費用だけではなく、仮設などの建設コストも必要である。(以下略)」とあったように、**今後は、直接仮設や構造体なども含め、S1段階での総合的な概算を検討すべき**と考えている。

顧客満足度調査における発注者の期待

BIM積算連携において約88%の人が「とても魅力的に感じる」または「魅力的に感じる」と回答した。

発注者からは肯定的な意見が多く、BIMによるコスト管理について非常に期待していることがわかった。設計変更でのコストの変化、VE・CDによるコストの変化に対応し、予算に合った設計内容への調整がしやすくなり、品質向上に寄与する等の意見があった。

BIM概算で、数量や価格を把握することについて、魅力を感じますか。
54件の回答



検証A BIMによる新しい設計概算プロセスイメージ

- ✓ BIMモデルを用いて概算することにより、設計担当者がリアルタイムにコストを意識した設計が可能となる。また、設計BIMの付加価値を高め、BIMの普及につなげたい。
- ✓ BIMで算出したコストをグラフ化(可視化)し、関係者間で共有することで、プラン検討の円滑化や意思決定の迅速化につなげたい。
- ✓ AIアルゴリズムによる価格予測により、少し先の価格動向を掴み、円滑なプロジェクト遂行につなげたい。

発注者にとってのメリット

検証A-2

AIアルゴリズムの検証 および PoCおよびコスト可視化による評価・検証

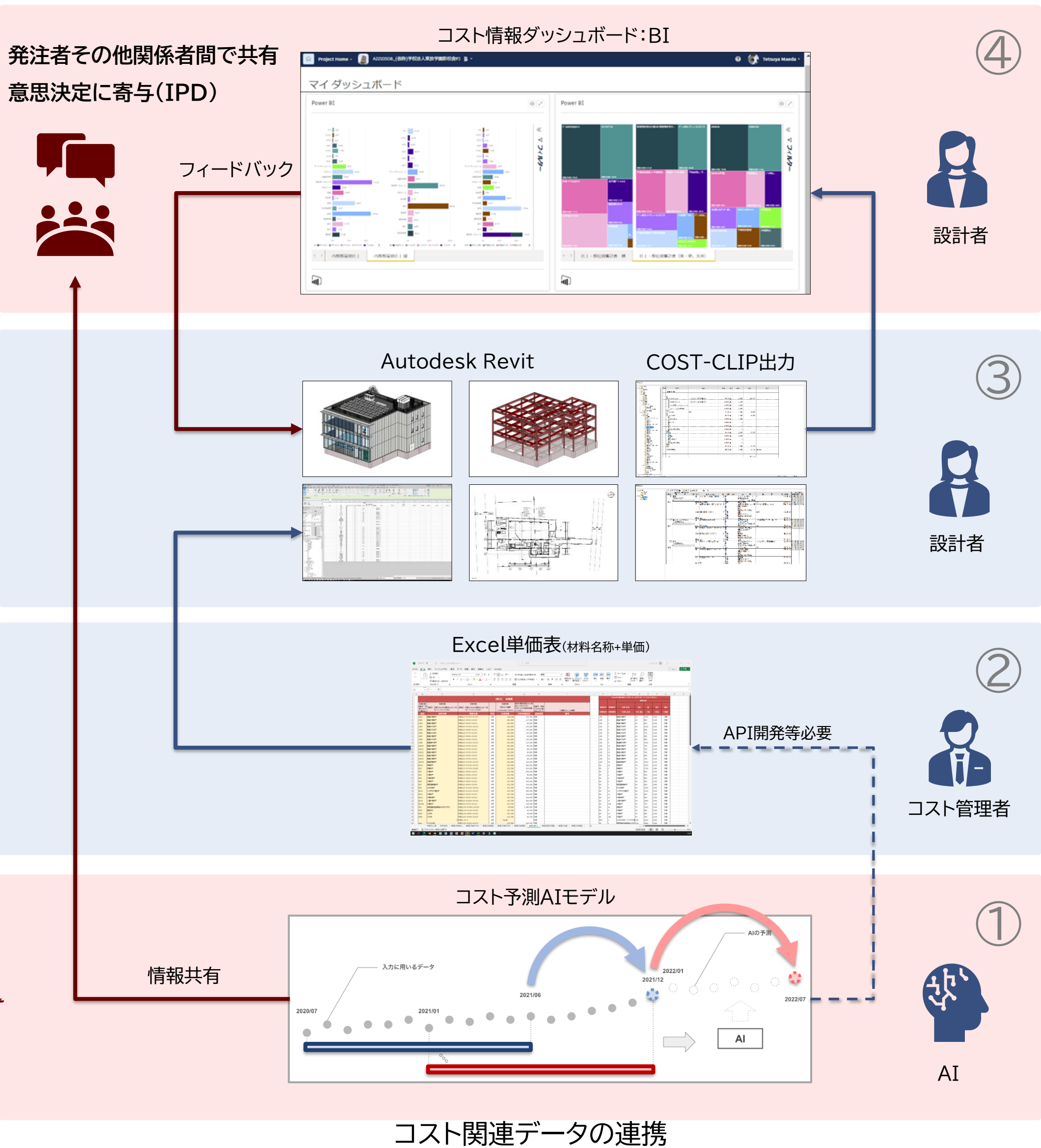
Point

「初期段階での設計との調整」

「関係者間の協力」

検証A-1

BIMモデルにおける内部仕上情報 および 連携するExcel単価連携の評価・検証



③で作成された明細書をダッシュボード化し、関係者間で共有。コストシミュレーションや傾向分析に活用。合意形成の迅速化や品質向上に役立てる。

BIM概算でコストを算出。

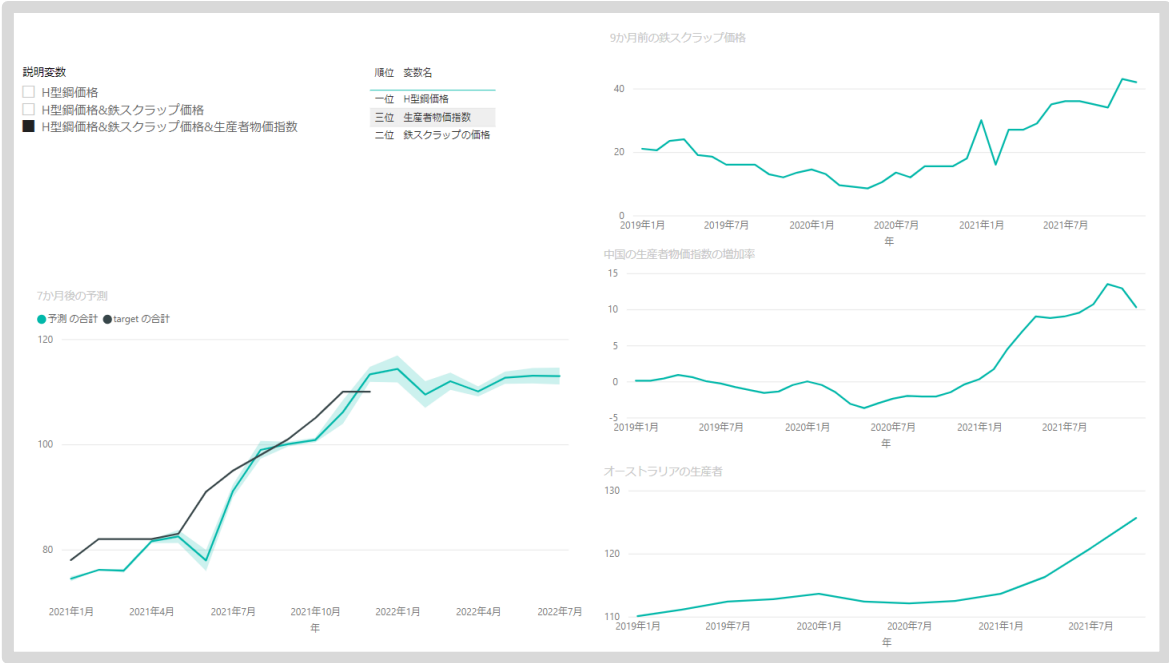
①を単価表に反映させる。

AIによる価格予測。主要部材の価格動向を把握し、関係者間での合意形成に役立てる。

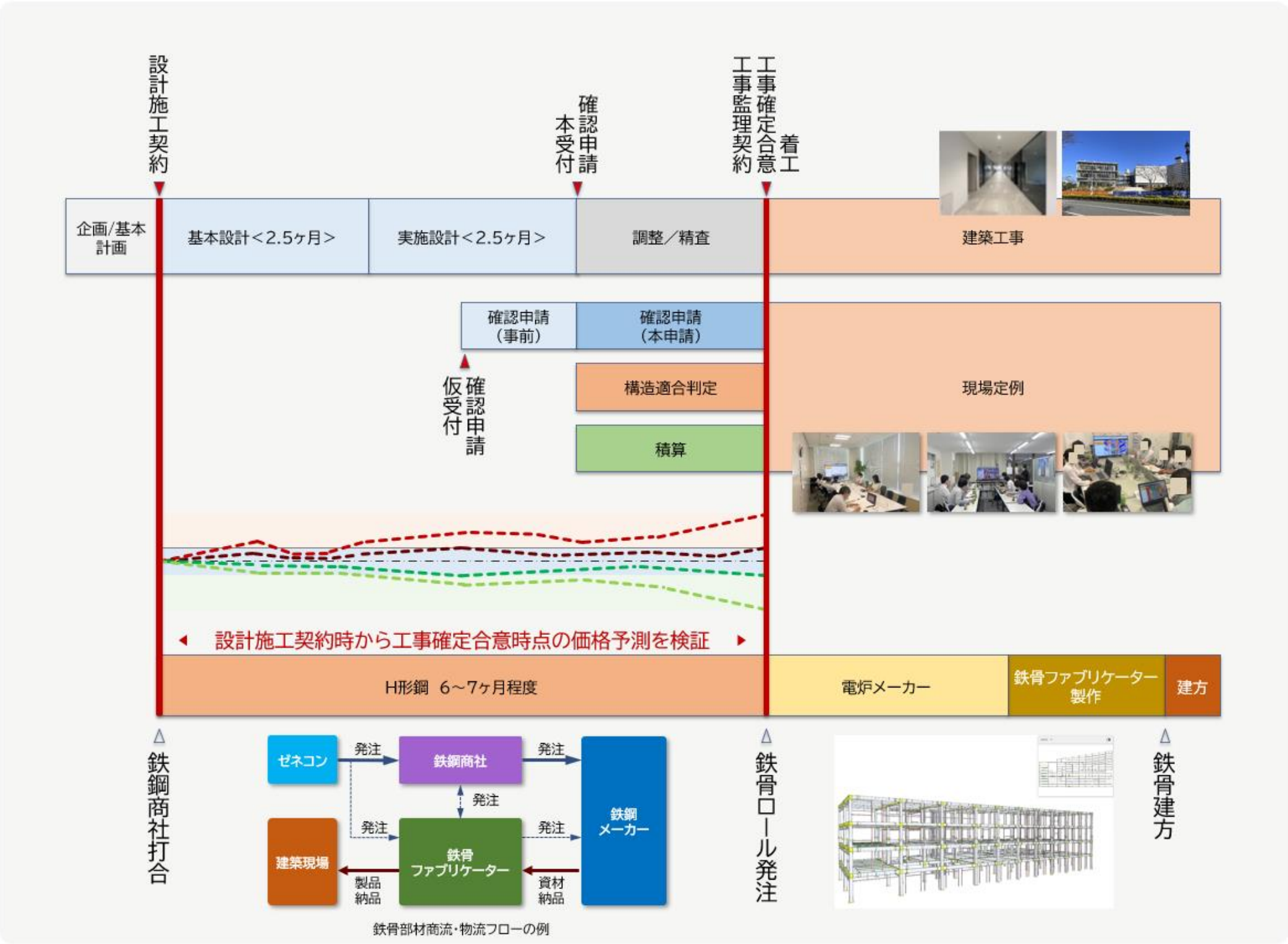
1.分析する課題

- ①AIアルゴリズムによって計画初期段階時点から工事着工時の鉄骨の価格変動を予測する事でコスト変動によるリスクを把握する事が可能かについての概念検証を行う。
- ②概算コストを項目ごとに見える化しCDE上(またはクラウド)で共有する事によって、VE提案などの設計検討における有効性や実用性に係る課題分析を行う。

ダッシュボード化イメージ



想定した設計施工プロジェクトの工事工程

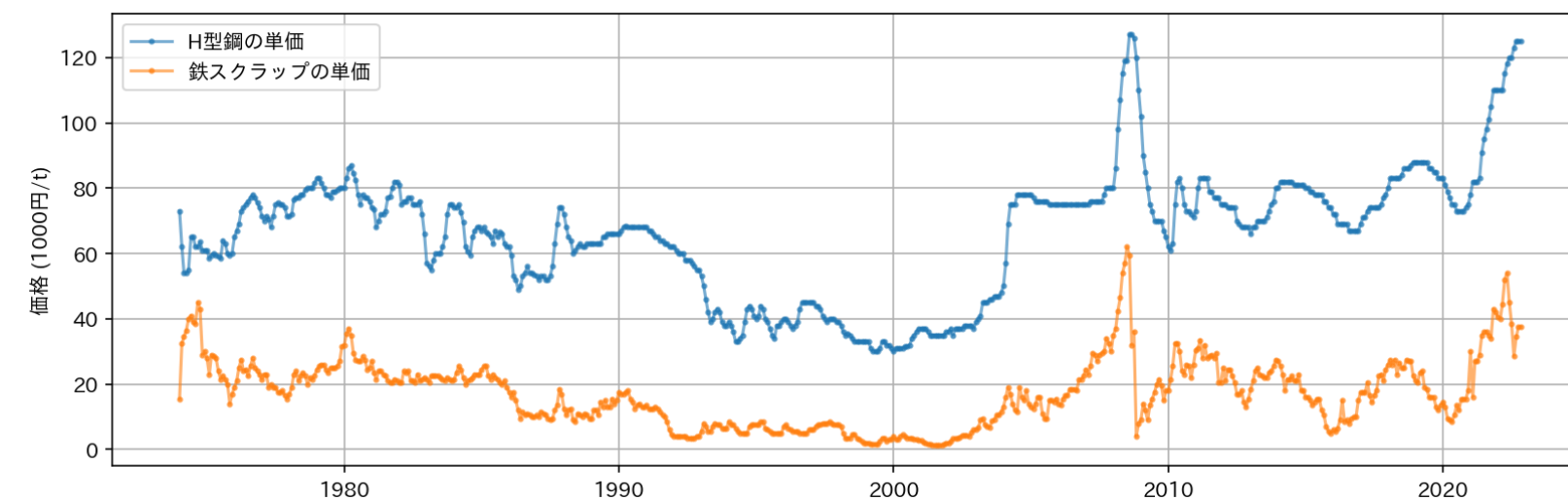


使用したデータ

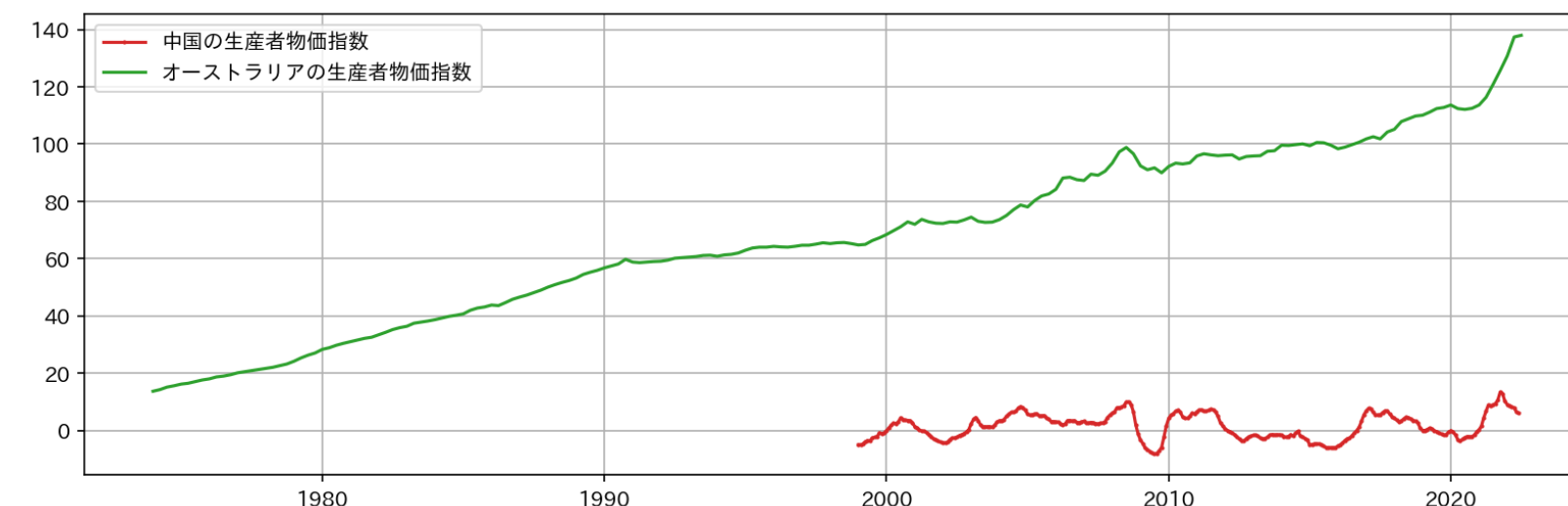
H型鋼・原材料・経済要因の時系列データを使用

- ・H型鋼【200×100】の過去単価の時系列データ（1974年1月～）[1]
- ・鉄スクラップ【H2】の過去単価の時系列データ（1974年1月～）[2]
- ・中国の生産者物価指数（1999年1月～）[3]
- ・オーストラリアの生産者物価指数（1974年1月～）[4]

- ✓ H型鋼の価格決定メカニズムを考慮し、原材料である鉄スクラップの価格を考慮。
- ✓ 鉄鉱石データの産地としての関連から、中国やオーストラリアの生産者物価指数データも利用。



H型鋼と鉄スクラップの単価推移。



中国とオーストラリアの生産者物価指数の推移。

- [1] <https://www.japanmetal.com/memberwel/marketprice/hbeam>
 [2] https://www.japanmetal.com/memberwel/marketprice/soba_h2
 [3] <https://fred.stlouisfed.org/series/CHNPIEATI01GYM>
 [4] <https://fred.stlouisfed.org/series/PIEAMP01AUQ661N>

作成したAIモデルの概要

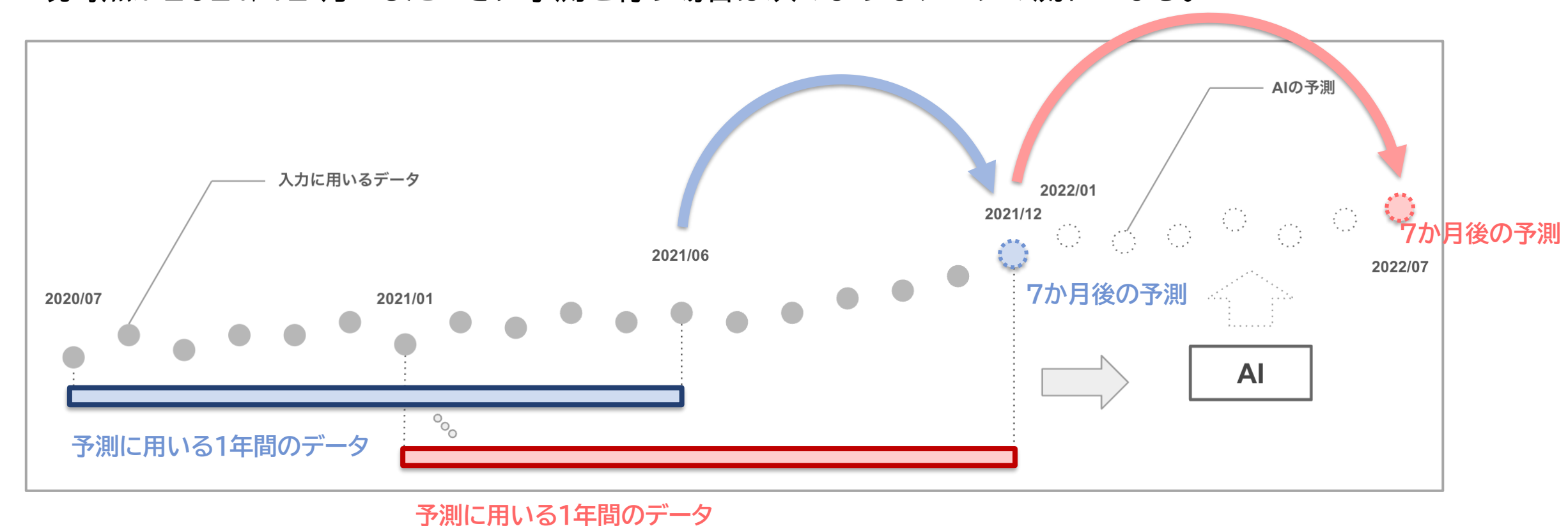
過去単価データの1年間の動きから7ヶ月後のH型鋼単価を予測

- ・予測の入力として次の3パターンを実施
 - ・H型鋼単価の過去1年間の時系列データ
 - ・H型鋼単価と鉄スクラップ単価の過去1年間の時系列データ
 - ・H型鋼単価と鉄スクラップ単価、中国・オーストラリアの生産者物価指数の過去1年間の時系列データ

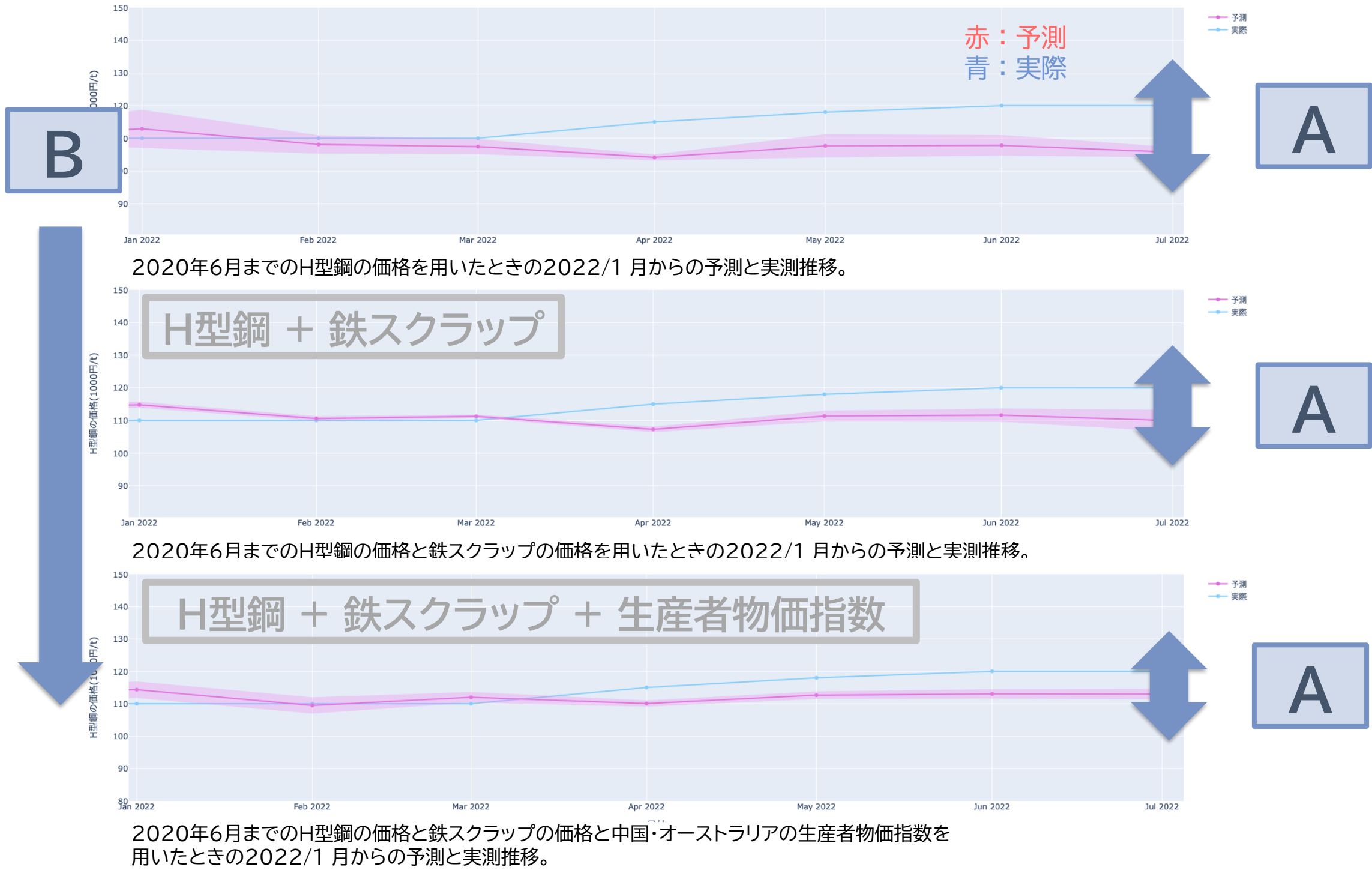
- ✓ 契約締結時から鉄骨ロール発注までの平均的な時間差を考慮し7ヶ月後を予測対象と決定。
- ✓ 予測する際に「どの入力予測に寄与していたか？」を計算する機構を持つAIモデルを使用。
- ✓ 予測する際に「どの程度の予測幅が発生し得るか」を計算する機構を持つAIモデルを使用。

予測のイメージ：

現時点が2021/12 月としたときに予測を行う場合は次のようなデータの流れとなる。



2.検証結果 ①



A. Project T を念頭においた 2021/12 月時点での予測（2022/07時点 の価格を予測）として最良で6%程度の予測誤差が存在。

実際：120（千円/t）に対し、

予測：105.8 [12%程度のずれ]（H型鋼単価のみ）

予測：109.9 [9%程度のずれ]（H型鋼単価 + 鉄スクラップ単価）

予測：112.9 [6%程度のずれ]（H型鋼単価 + 鉄スクラップ単価 + 中国・オーストラリアの生産者物価指数）

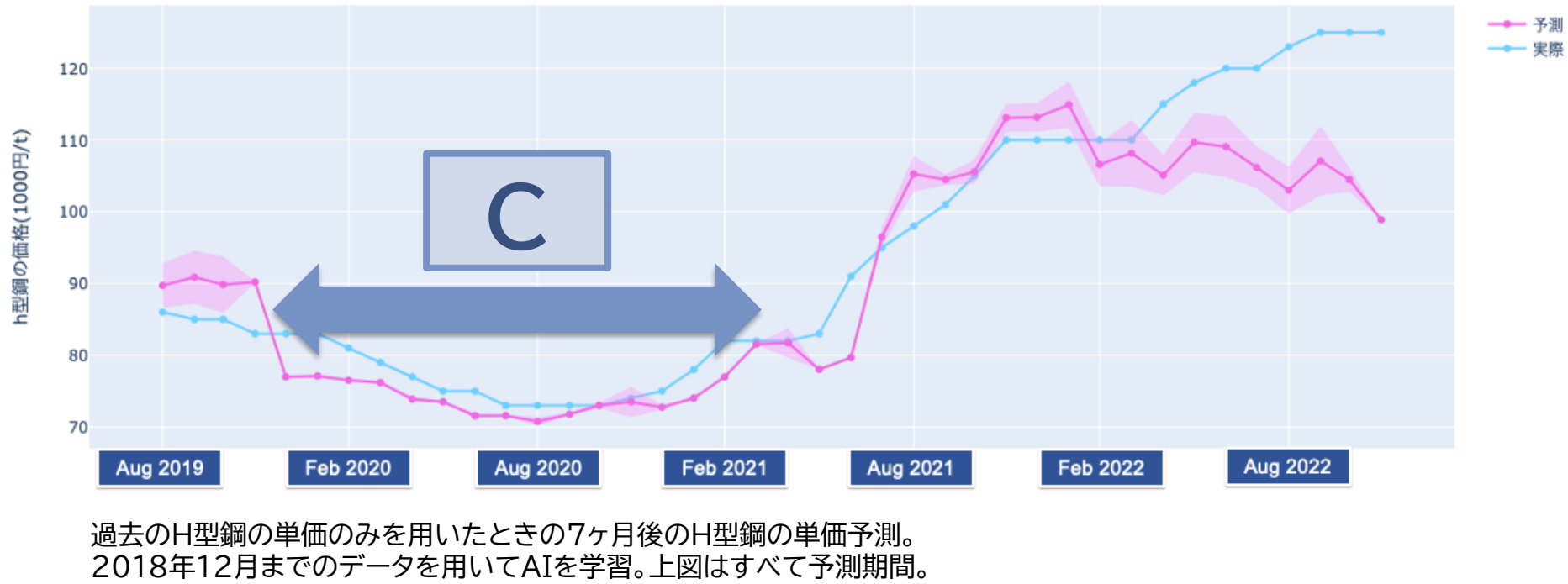
という予測結果に。

B. H型鋼 / H型鋼 + 鉄スクラップ / H型鋼 + 鉄スクラップ+ 生産者物価指数 の順で精度が高まる。

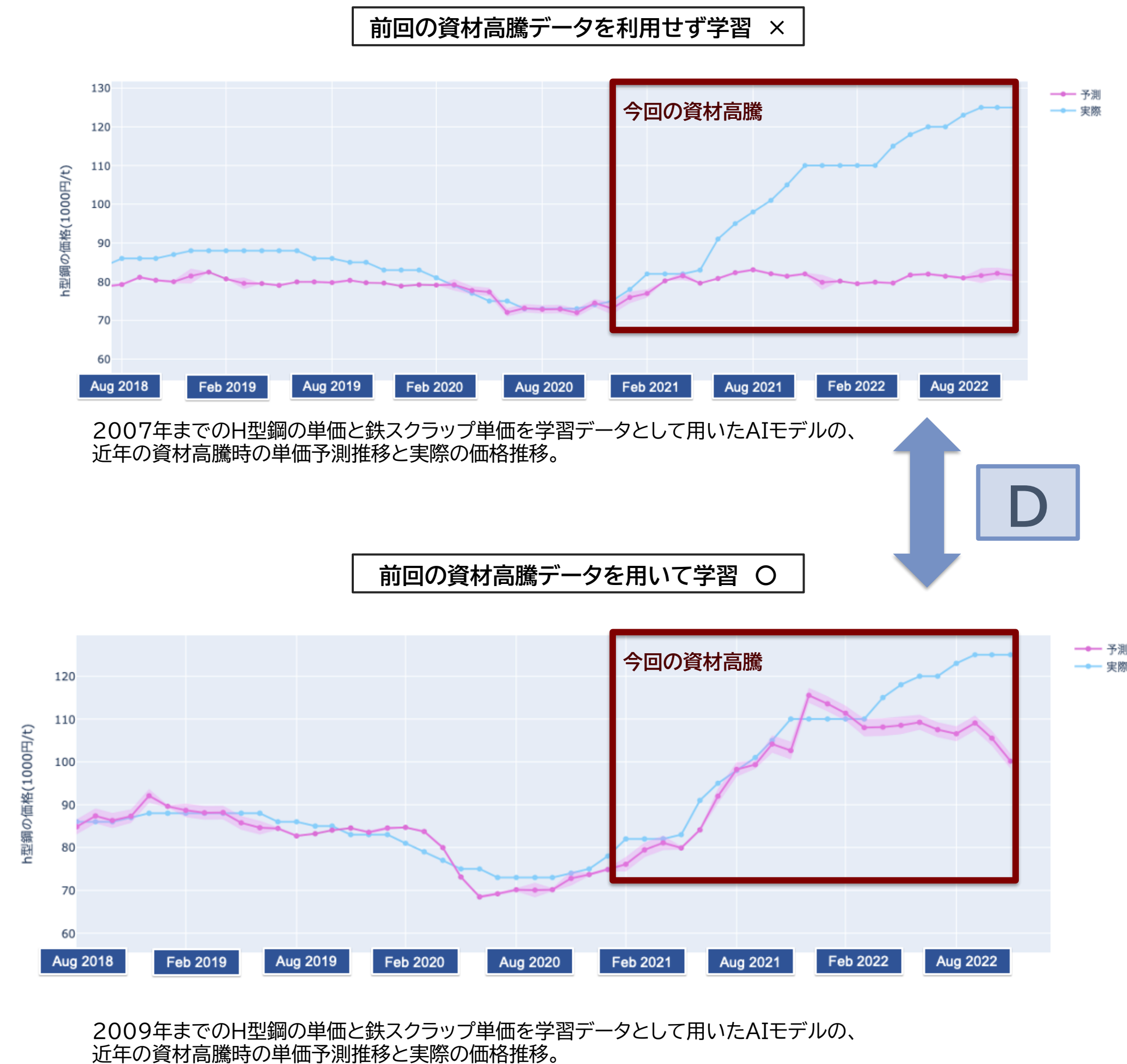
価格決定メカニズムを考慮した方がより精度の高い予測を行うことができると考えられる。

C. 資材価格が安定しているときは資材価格高騰時より予測誤差が小さい。

左図に示す通り、比較的資材価格変動の小さい2019年～2020年の期間では予測と実測の誤差が資材高騰時よりも低く抑えられていることがわかる。

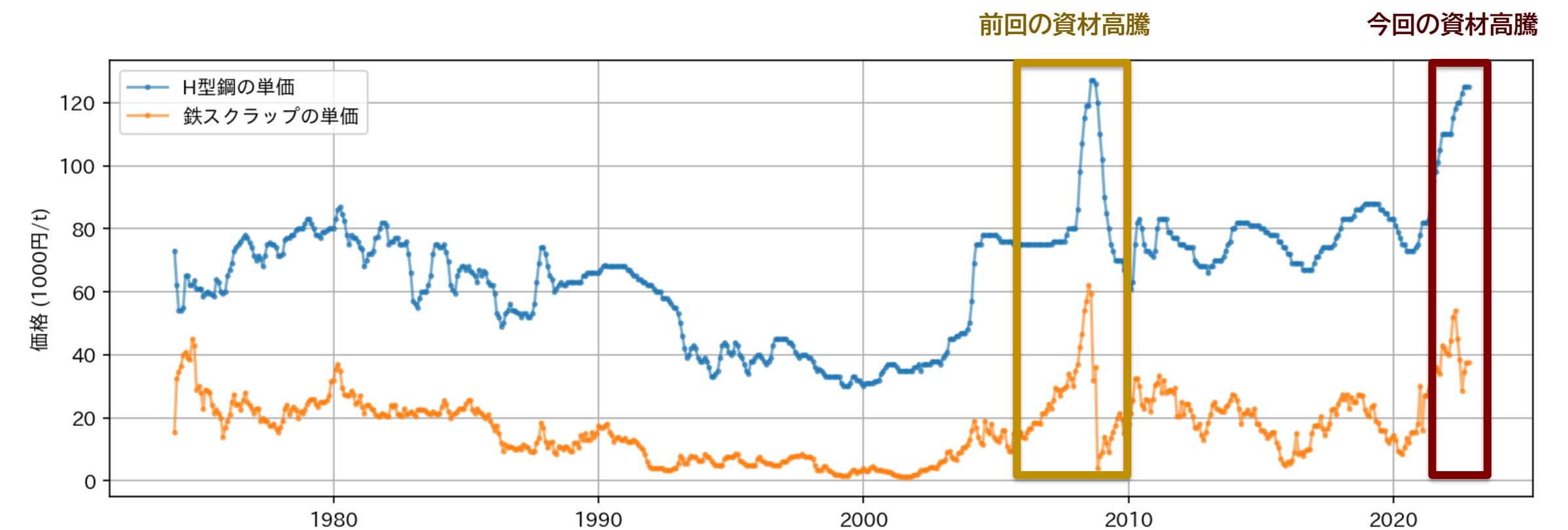


2.検証結果 ①



D. 前回の資材高騰時データを利用するとより今回の資材高騰時の予測が行いやすい。

リーマンショックに起因する金融危機（2007～2008）の影響から2008年8月頃には近年と同じ水準まで資材単価が高騰していた。左図のようにリーマンショック以前 / 以後のデータを学習に使うかに応じて、近年の高騰した資材価格推移の予測可能性が大きく異なることがわかった。このことから、データがより集積されていくこれからの時代により予測が行いやすくなる可能性が示唆される。



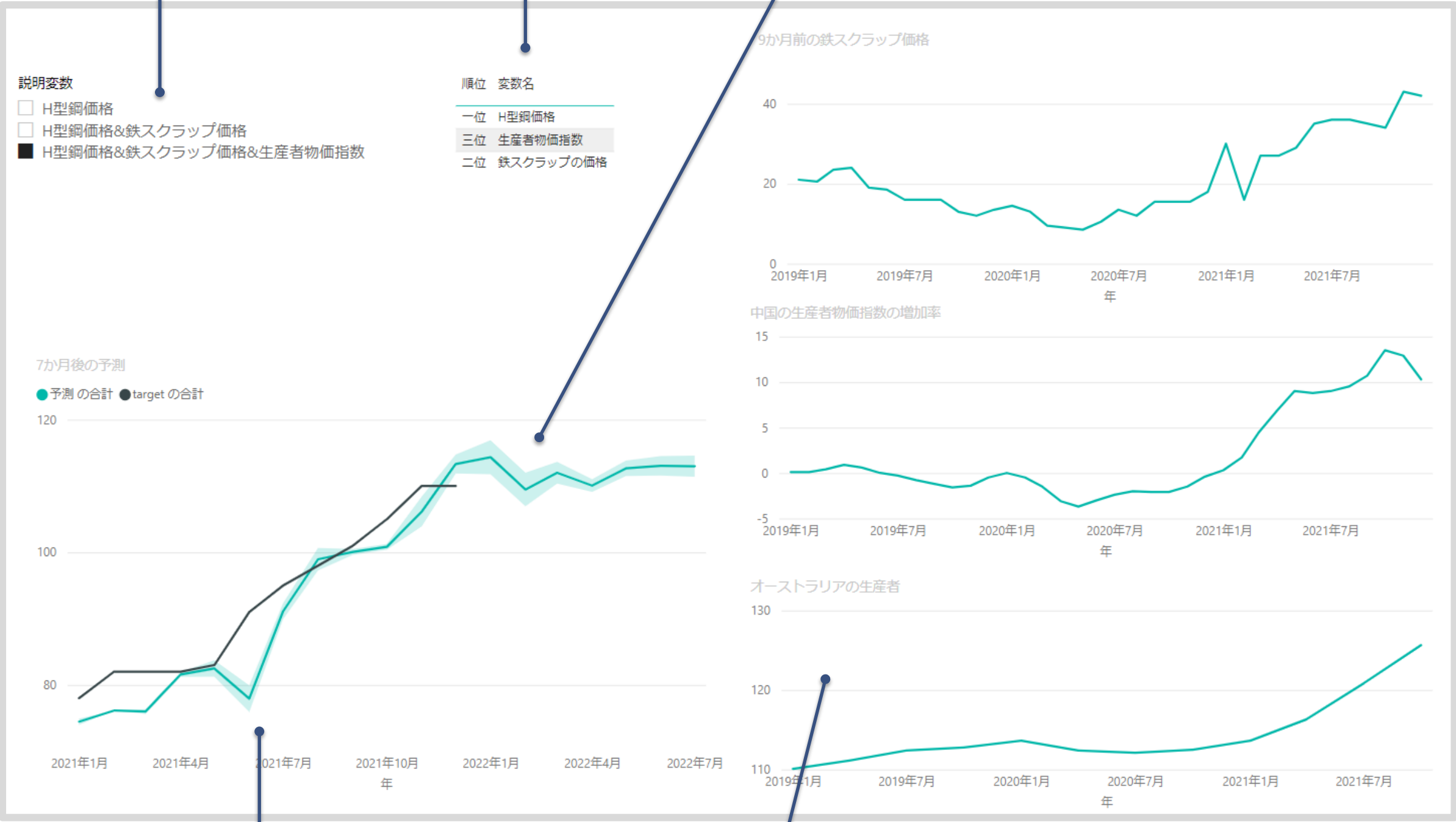
(再掲) H型鋼と鉄スクラップの単価推移。2008年8月頃に資材価格が高騰している。

2.検証結果 ②

どの入力データを重要視して予測しているか

使用した入力データ（切り替え可能）

H型鋼単価の予測の振れ幅予想



H型鋼の実測値と予測値の推移

鉄骨単価の予測する基となるデータや
関連データの推移を表示

予測モデルの結果と関連情報を一目で把握できるダッシュボードを作成。

予測結果・実測結果・予測根拠に用いたデータ・関連データなどを俯瞰できる

ダッシュボードを作成することで、資材価格にまつわる契約時の透明性も高める

ことが可能に。

2.検証結果 ②

検証A-1で作成した、室名称ごとに集計した明細書から、「室毎の㎡当たりのコスト」と「室毎のコストの合計」をグラフ化した。

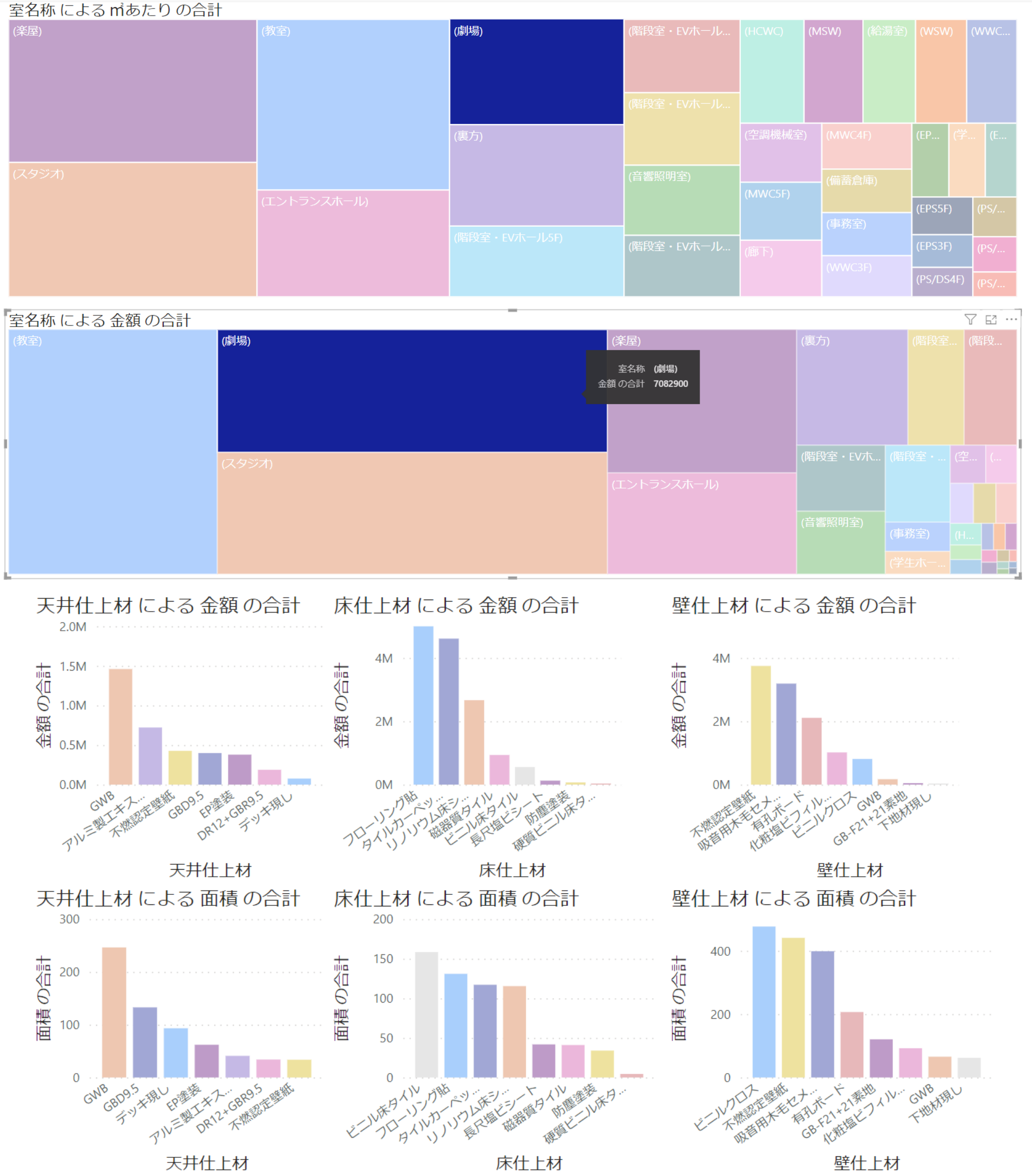
算出したExcel形式の明細書をPower BIで活用するには、1列に1情報であることが望ましく、1列に上下2段で別の情報が入っている場合はそのままでは活用が難しかった。COST-CLIPでは明細書の書式が複数あるが、その他の書式においては1列2段の書式であったため、活用は今後の取り組み事項としたい。

明細書の他にExcelに書き出せるものに「総括表」がある。これは、COST-CLIPで算出した全てのデータが一覧になっており、この条件に適していた。例として、各仕上材料の面積の合計と金額の合計を比較するグラフを作成した。

価格や面積などの一部でExcel計算式が使用されており、Power BIに読み込む際にテキストデータに修正が必要であったが、部材ごとにフィルタをかけることで、各材料のグラフ化が可能となる。

本検証では知りたい情報をいかに明確に表現するかが重要であり、その点の追求が不十分であった。

アンケート調査にあった通り、類似用途、規模の案件を比較する等、関係者の要望をより把握したうえでさらなる検証を重ねていきたい。



3.今後の課題

精度の向上

学習データ品質の向上と単価に影響を及ぼす要因の適切な選択

AIによる単価予測には、大量の高品質なデータを必要とする。しかし、建設業界ではデータが分散しており、品質もまちまちであるため、**データ収集に課題**がある。さらに、使用したデータが不十分である場合は、正確な予測が難しいことがある。本検証でもあったように、過去に例のない価格高騰が起きた場合などである。また、建設市場は変動が激しい業界の1つであり、単価に影響を与える多数の要因が存在する。これらの要因を適切に分析し、必要なデータを選択するには専門知識や経験が必要である。

単価予測の自動更新

本検証で作成したダッシュボードについて、月ごとの予測を更新していくには人の手が必要である。技術的に自動化可能であっても、**積算部門やデータ提供元との連携が不可欠であり、今後の課題**としている。

事業者として今後さらに検討・解決すべき課題

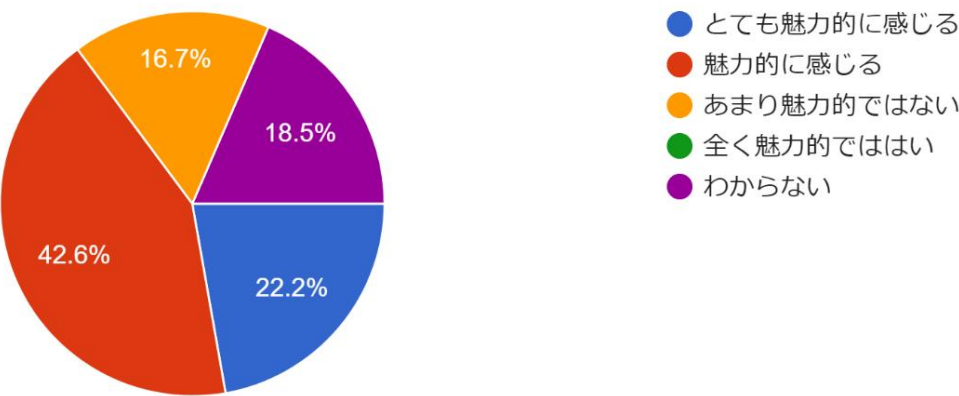
学習データ品質の向上と価格を左右する指数項目のさらなる検討

鉄骨だけでなくコンクリート、ALCなどの主要材料に視野を広げていき、建築コスト全体の予測が出来ればより精度の高いプロジェクト推進が出来、発注者および受注者の満足度や利益向上につながる事が想定される。

顧客満足度調査においても精度向上に期待

検証A-2ではAIの価格予測が約64%、コストのダッシュボード化では約58%と目標数値をやや下回る結果となった。理由としては、実現すれば魅力的だが信憑性が不明な点や、ダッシュボード化したコストに対しての利便性が十分に伝わらなかったことが挙げられる。

AIにより数か月後の各種材料単価の予測が出ることについて、魅力を感じますか。
54 件の回答



この情報を関係者間で共有することについて、魅力を感じますか。
54 件の回答



BIMモデルと自律型ドローンを活用した遠隔工事監理手法に関する評価・検証

検証B 自律型ドローンとBIMモデルを活用した遠隔工事監理手法に関する評価・検証

BIMモデル上でドローンの飛行ルートを定義し遠隔操作によって自律飛行させることで、**遠隔確認と撮影記録**を行う。撮影した静止画や動画の解像度や明るさ、飛行ルートの乖離等の撮影精度とドローン飛行における安全性についての有効性・容易さ・信頼性等に係る課題分析を行う。

【検証内容】

- ・施工現場における安全性の検証
- ・現場状況の自律飛行撮影検証
- ・撮影した静止画・動画の精度分析
- ・BIMモデルとの連携検証



検証B-1

【想定効果】

- ・ 現地に行かなくても工事監理者が現場状況や進捗確認を実施することによる、移動に係る時間や経費の削減
- ・ 作業員による巡回撮影の作業軽減
- ・ BIMとの紐づけによる工事監理

【定量的な目標】

移動時間を含む作業時間又は日数の削減効果

ドローンによる遠隔工事進捗監理・管理での顧客満足度の効果

50%削減

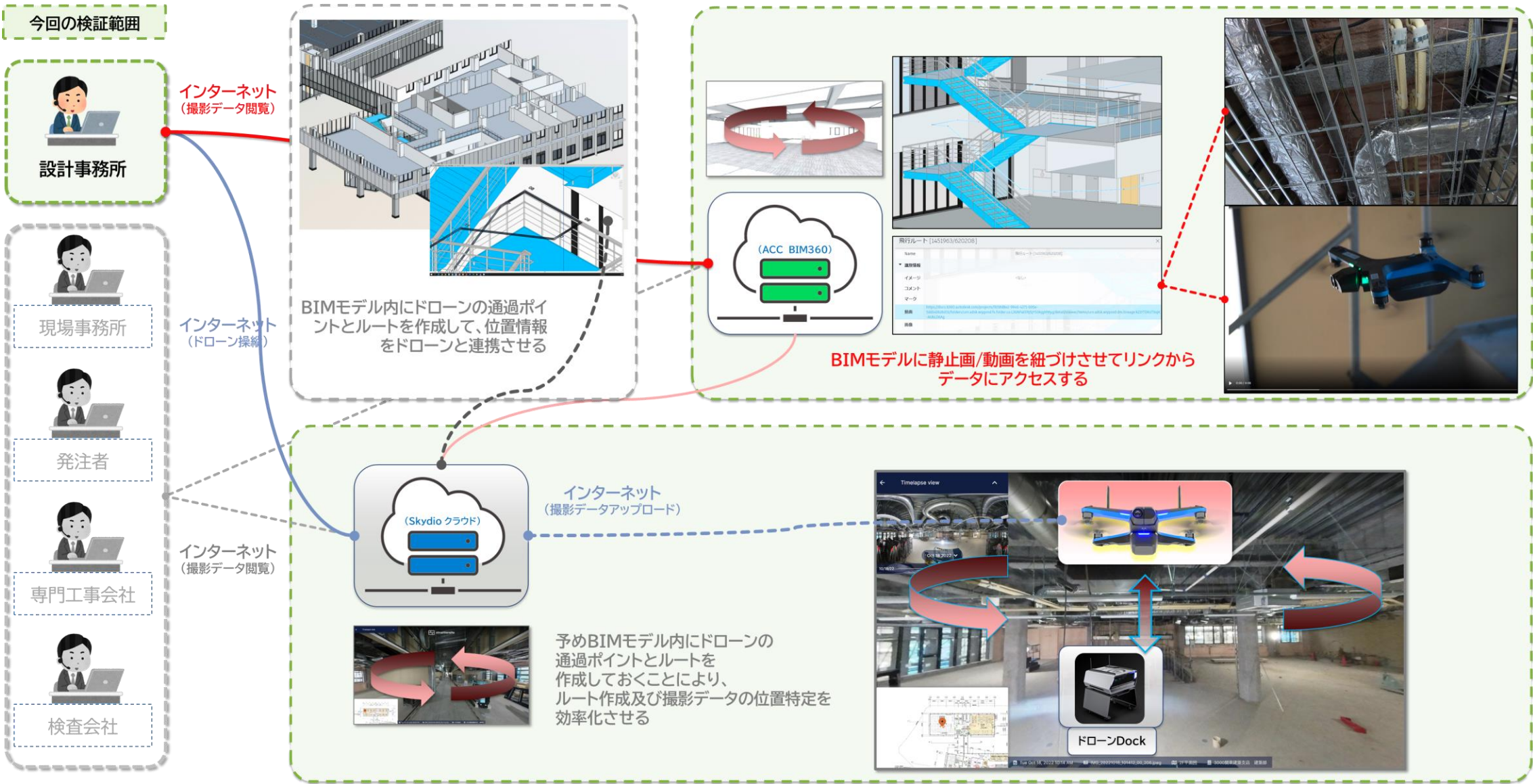
70%

【対象プロジェクト】

Project J 完成予想パース

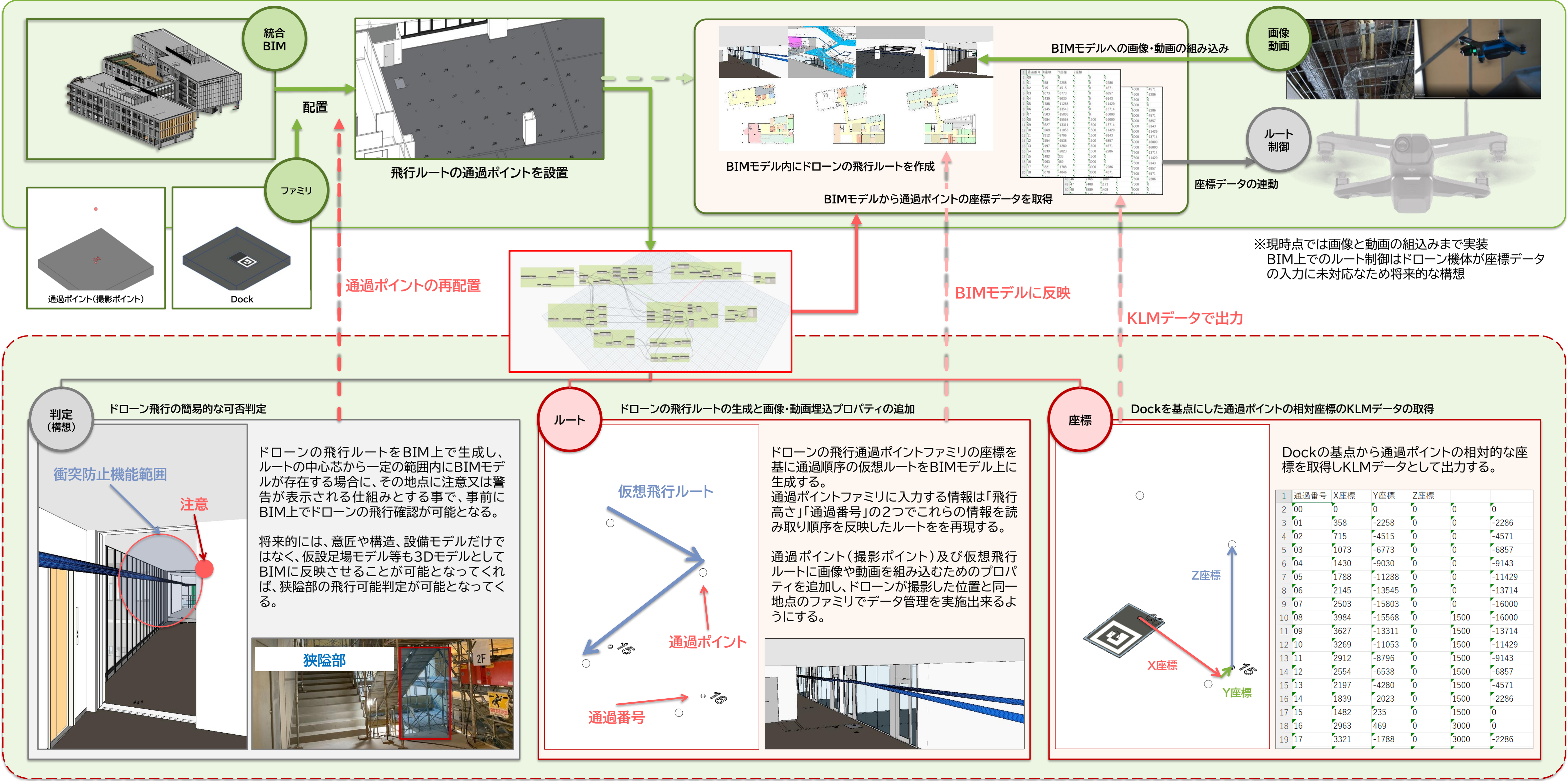


用途: 専門職大学【施工中】
構造: 鉄骨造(一部RC造)
規模: 地上4階
延べ面積: 約10,000㎡
検証のプロセス: 設計施工一貫BIM



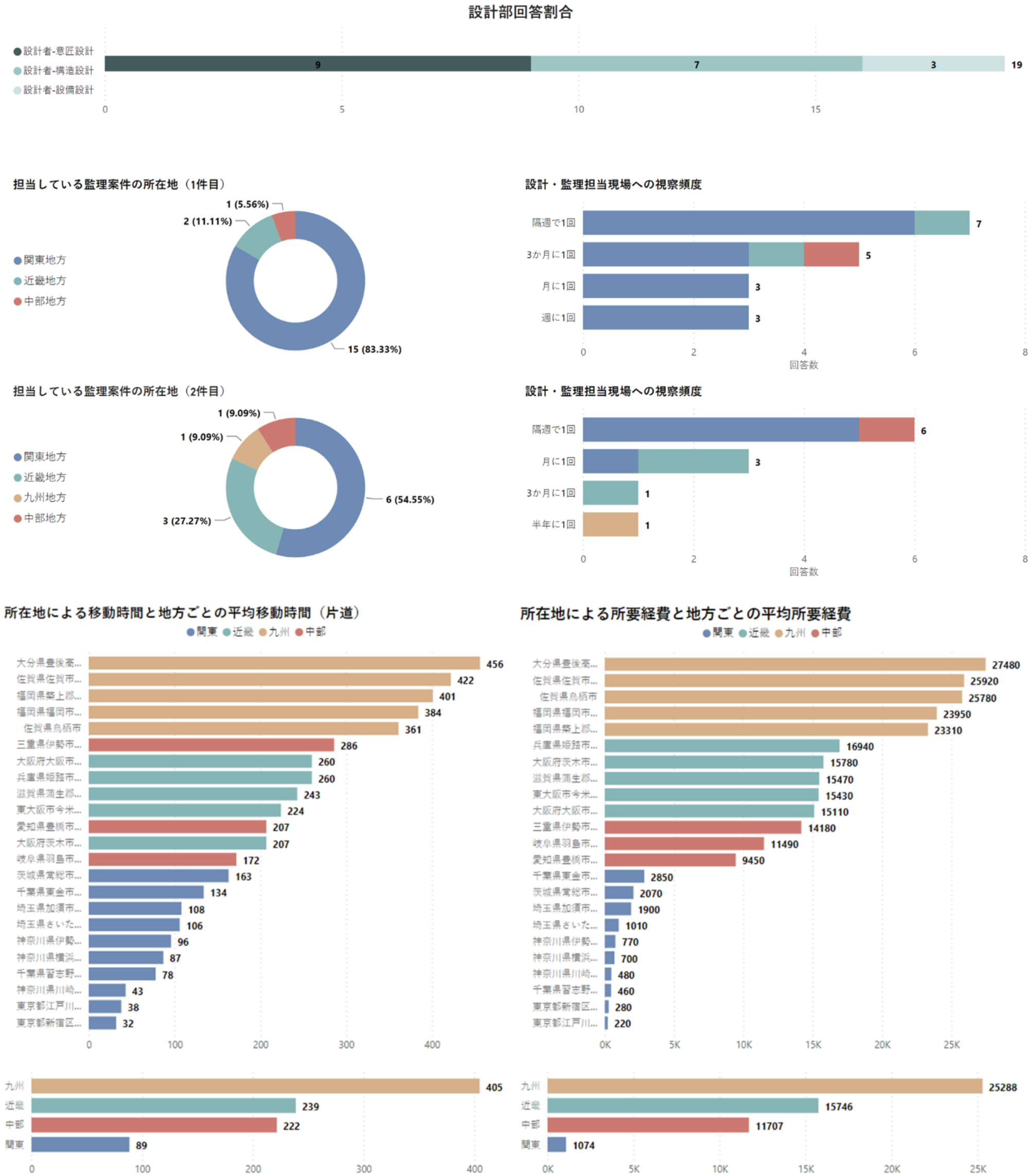
検証B-1 ドローンとBIMの連携:BIM上でのドローン飛行ルートの将来的な確認手法

自律型ドローンとBIMモデルを活用した遠隔工事監理手法に関する評価・検証



検証B-1 自律型ドローンによる作業効率への影響（想定）

自律型ドローンとBIMモデルを活用した遠隔工事監理手法に関する評価・検証



監理者の意見

	現場巡回をドローンに置き換えることは出来ないと思うが、目の行き届く範囲は広がると思う。 例えば、天井高の高い場所や吹き抜け部分など
	工事期間が厳しい時には、短い間隔で定期的に現場の全体的な進捗状況が確認できる。
	ドローンでどこまで確認できるのかによるが、人員不足の解消に繋がりそう
	執務室から遠隔操作で確認したいところを確認できるため、遠方であれば効果がありそう。近くであれば、直接行った方が効率は良さそう

【分析】

アンケートでは工事監理現場が関東に集中しているが、30分で移動できる現場もあれば1時間半以上掛かる現場もある。移動時間が比較的近い現場に関しては工期中に間に現場巡回する回数も多く、九州や中部といった比較的遠くにある現場は現場巡回する回数も工期中に1，2回と少ない。その背景には新型コロナウイルス流行による影響で、オンライン会議が増えたことで重要な会議や検査以外で現場に行く回数が減少した事やiPad・360°カメラ等のIoT機器の活用によって、より簡単に迅速な情報共有が行えることが可能となった事が挙げられる。

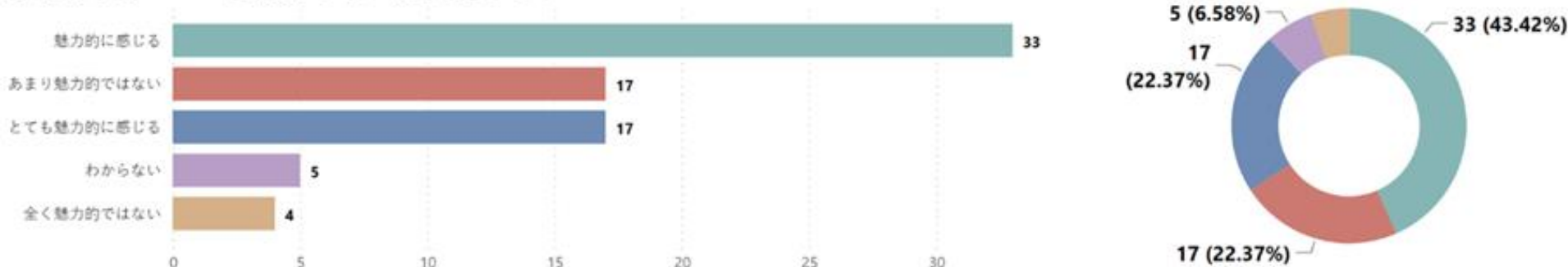
アンケートの統計データとヒアリングから分析すると、自律型ドローンによって全ての工事監理を実施する事は現実的に厳しいが、**一部の監理業務や定期的な工事全体の進捗確認には活用する事は可能**だと考えられる。また、本検証と調査から**作業量削減効果について部分的な効果**は得られると考えているが、**現時点では大幅な削減効果を得ることは厳しい**。現場に行った際に、どのような所を特に確認するか調査したところ、「納まり」「法規の確認」が多く、ドローンで確認するには現時点では難しく、直接確認する必要がある。次いで多いのが「デザイン（納まりの見え方等）」「ひび割れ、破損等」「傷、汚れ」であった。これらはドローンのカメラを通して確認する事は可能だと考えられる。

想定される効果としては、近辺という事で現場に行って検討や仕上がりの確認に行く事もあるため、これらの行為をドローンで実施した場合は**約6時間の移動削減（10%程度）**が想定される。また、遠方の現場においてドローンによって定期的な状況確認を実施した場合、**現場に行く回数は変わらなくても確認の頻度や回数が増加**し、手戻り工事防止への効果が想定される。

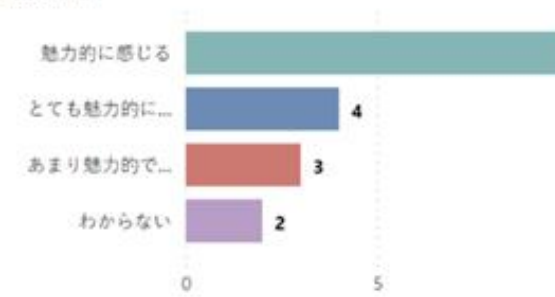
検証B-1 自律型ドローンによる作業効率への影響(想定)

自律型ドローンとBIMモデルを活用した遠隔工事監理手法に関する評価・検証

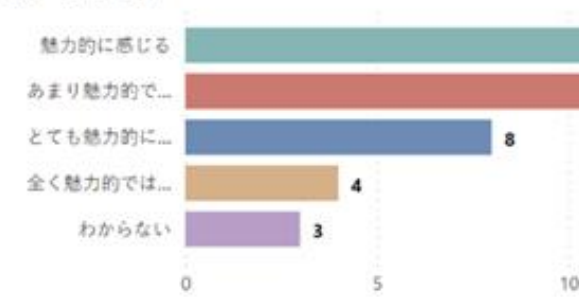
現場巡回でドローンを活用する事に魅力を感じるか



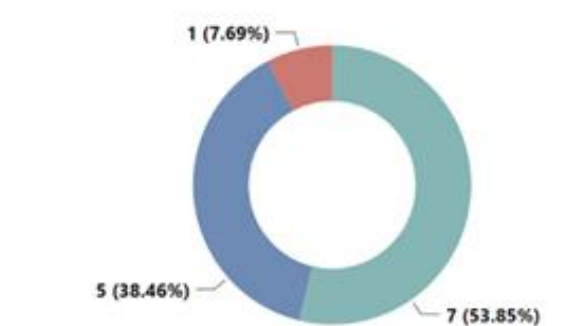
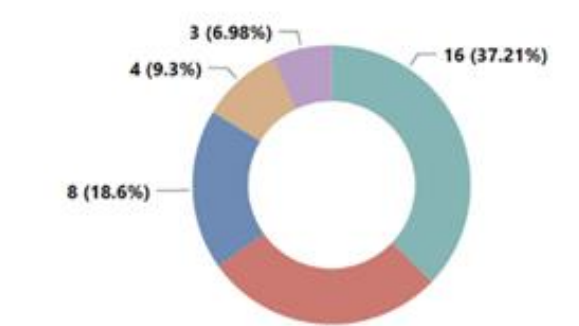
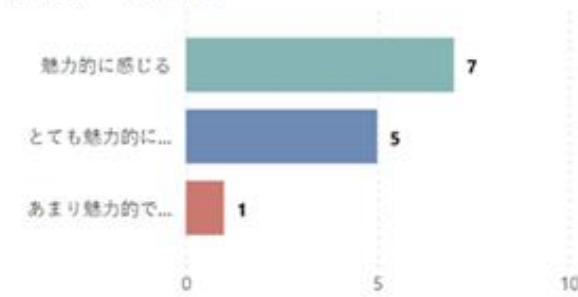
設計者



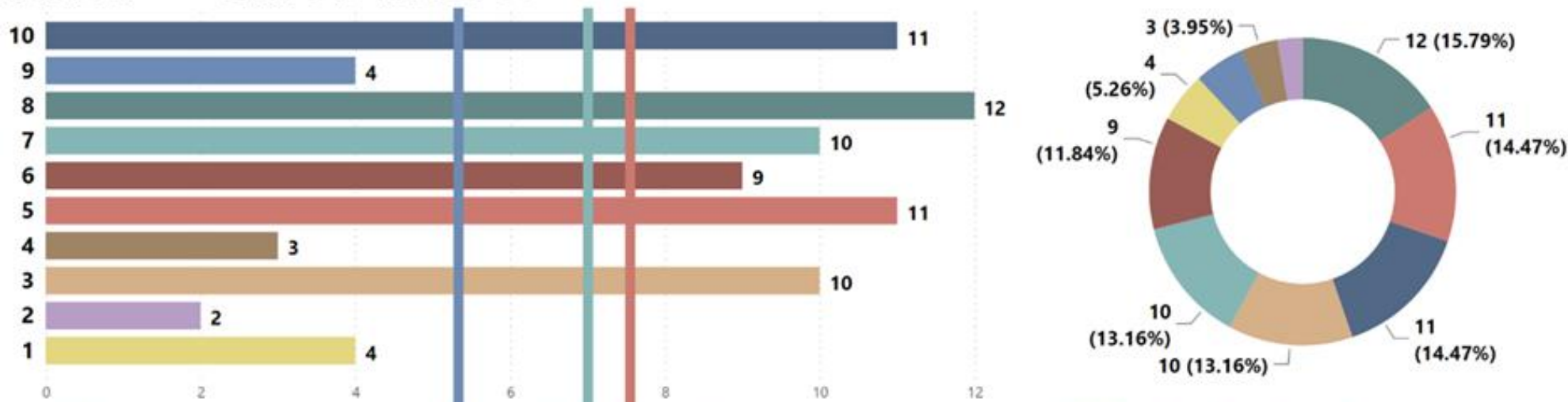
施工管理者



営業部・その他



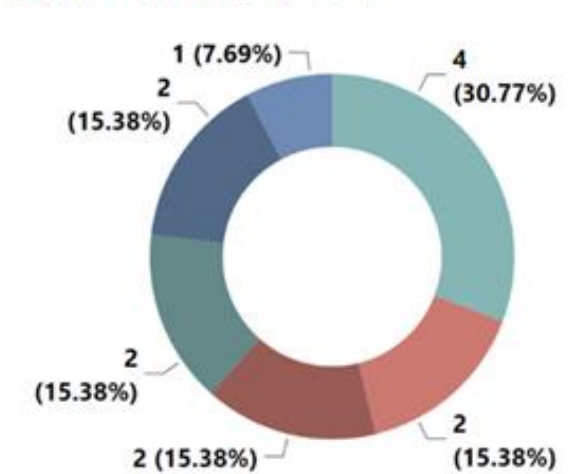
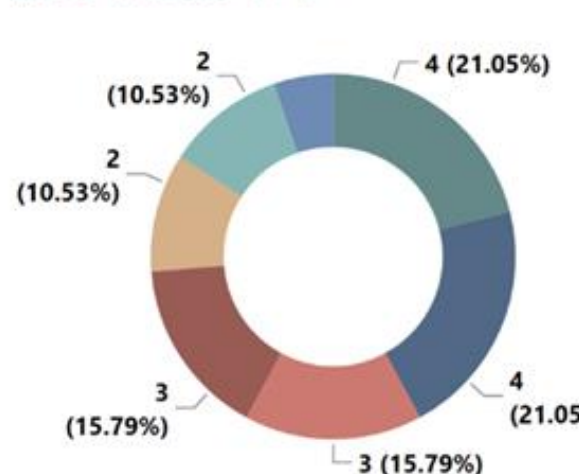
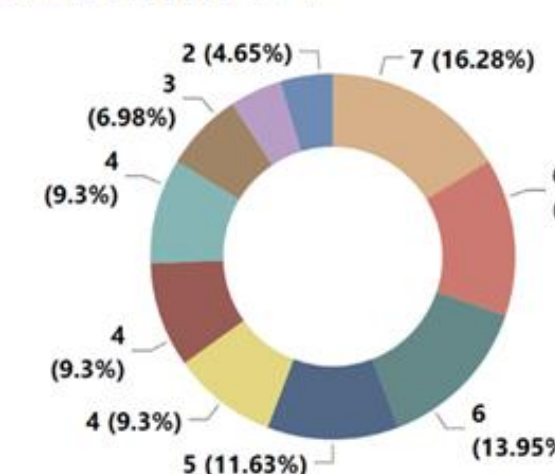
現場巡回でドローンを活用する事に魅力を感じるか



施工管理者 5.56ポイント

設計者 平均7.05ポイント

営業部・その他 7.31ポイント



監理者の意見	
	現場巡回を無くすことは無理だと思うが、併用できれば目の行き届く範囲が広がると感じる。
	監理や検査用の記録写真としては利用できるか分からないが、大まかな工事進捗の確認や巡回の補助的な活用においては活用することが出来そう。
	細かい部分（覗き込んだり）までは確認できないので、どこまで細部を確認できるのかが疑問に思う。
	人がやっても大した作業量にならないような気がするので、メンテナンスや導入費用を考えると不要な気がする。
	設計者や発注者側には併用できればメリットはありそうではあるが、現場の人から見るとドローンが飛行していると作業がやり難そうだと感じる。
	今の段階では現場での確認が必要であると思うが、技術が向上し性能が上げれば効率化になる可能性がある。

施工管理者の意見	
	人間の巡視では危険度が高いと思われる場所の巡視に活用できると感じる
	撮影した映像を工事監理者・職人との進捗確認や打合せに活用出来そう。
	映像を記録できるので、巡回記録や施主への確認用として使用できる
	人材が不足していく中で、ベテラン技術者が複数の現場をリモートで確認したりする事を可能にすることができ、定期的な助言やサポートが望めそう。
	現場職員がコントロールしていないものがあるという事が不安に感じる
	ドローンの飛行に関する安全対策等も講じる必要があり、手間に感じる。
	コストに見合う精度で運用できるのかイメージがわからない。規模に左右される。

営業・その他の意見	
	施主への進捗記録として活用出来そう
	オンライン会議との併用で、現場を映しながら打合せできそう。

夢から感動へーハートテクノロジー



株式会社日積サーベイ
Nisseki Survey



燈株式会社/AKARI Inc.
東京大学/松尾研究室発AIスタートアップ



株式会社センシンロボティクス
SENSYN ROBOTICS, Inc.