

# 建築工事における作業プロセスの改善方法に関する研究

A Study on Improvement Method of Work Process in Building Construction

2013年2月

早稲田大学大学院理工学研究科

建築学専攻 建築生産研究

崔 彰 訓

## 目次

# 建築工事における作業プロセスの改善方法に関する研究

## 目次

### 第1章 序論

1.1. 建築工事における作業プロセスの改善にめぐる諸問題 .....	1
1.2. 本研究に関する既往の研究 .....	2
1.3. 本研究の目的と項目 .....	4
参考文献 .....	8

### 第2章 建築工事における改善対象選定手法に関する研究

2.1. 建築工事における改善対象選定	
2.1.1. 改善対象選定手法 .....	11
2.1.2. 機能定義 .....	11
2.1.3. 評価項目の相関関係 .....	13
2.2. 評価項目に対する主成分分析の分析方法	
2.2.1. 評価項目に対する主成分分析の考え方 .....	15
2.2.2. 平均得点と主成分得点 .....	15
2.2.3. 主成分得点による改善対象選定の方法 .....	17
2.3. 小規模工事における適用	
2.3.1. 工事事例の評価 .....	19
2.3.2. 工事事例における本手法の結果 .....	24
2.3.3. 平均得点と本手法による改善対象の順位比較 .....	26
2.4. 結言 .....	34
参考文献 .....	35

### 第3章 建築工事における作業に関する研究

3.1. 建築工事における作業	
3.1.1. 作業 .....	36
3.1.2. 行為の方法の分類 .....	37
3.1.3. 行為と行為の方法の関係 .....	53
3.2. 行為の連鎖と部材間の接合の順序関係の分析	
3.2.1. 行為の連鎖 .....	55
3.2.2. 部材間の接合の順序関係 .....	61
3.2.3. 部材間の接合の優先順位 .....	65
3.3. 鋼製天井下地・壁下地作業における適用	
3.3.1. 鋼製天井下地作業の分析 .....	75
3.3.2. 鋼製天井下地作業におけるマクロ的な接合の優先順位 .....	76

3.3.3. 鋼製壁下地作業におけるミクロ的な接合の優先順位.....	80
3.4. 結言.....	85
参考文献.....	86

#### 第4章 建築工事における作業プロセスの計画に関する研究

4.1. 建築工事における作業プロセスの捉え方	
4.1.1. 状態と行為.....	87
4.1.2. 状態と行為の記述形式.....	88
4.1.3. 状態と行為の動詞の連鎖方法.....	96
4.2. 作業プロセスの計画	
4.2.1. 3種類の計画方法.....	100
4.2.2. ワークパッケージによる計画の表現.....	105
4.2.3. 部材の機能分析と作業プロセスの計画.....	114
4.3. 鋼製壁下地作業における適用	
4.3.1. 鋼製壁下地の分析.....	117
4.3.2. 3種類の計画方法の適用.....	119
4.3.3. 3種類の計画方法の比較.....	124
4.4. 結言.....	125
参考文献.....	126

#### 第5章 結論

A. 建築工事における改善対象選定手法に関する研究.....	127
B. 建築工事における作業に関する研究.....	128
C. 建築工事における作業プロセスの計画に関する研究.....	128

#### 付章

各行為のワークパッケージ.....	130
-------------------	-----

## 第 1 章 序論

## 第1章 序論

### 1.1. 建築工事における作業プロセスの改善をめぐる諸問題

建築工事は一品受注生産で、現場毎に状況が異なっており、生産性向上や品質の確保、工事費削減等、「よりよい建物を適切な価格で提供する」ことから「適切な品質の建築物をできるだけ安い価格で提供する」ことが求められている。工事の価値<sup>1)</sup>を向上させるための作業改善<sup>2)</sup>を実施する必要がある、建築工事における作業改善のためのVE(Value Engineering)<sup>3)、4)、5)</sup>を行う際には、設計図書に規定されている建築物を与えられた状況から要求される機能を満足させるために、改善対象<sup>6)</sup>となる工事の選定<sup>7)</sup>と選定された工事に対する検討が必要となる。そのためには、全体工事の内、優先的に検討する工事の選定方法と、選定された工事に対して作業の順序関係を表現する作業プロセスの作成方法が必要である。しかし、作業プロセスの作成は経験的な作業の検討に依存することが多いため、その経験によって作業プロセスの立案内容の差が生じる原因となっている。

改善対象選定手法については、既往の手法として価値指数(Value Index)による手法<sup>8)</sup>、現在費用と機能費用による手法<sup>9)</sup>、Cost-Value Mismatches手法<sup>10)</sup>などがあるが、これらの手法は、機能に対するコストを中心とした改善対象選定が主流であり、改善対象選定基準がコストの縮減余地の幅という一面的な観点からの改善対象選定である。この結果、VEの本来の目的<sup>11)</sup>であるモノの価値向上が、改善対象選定の時点からコストを中心として評価が行われているため、コストの縮減余地の幅の高低を、VEの結果として扱っている。尚、評価項目を設けて改善対象選定を行う際には、評価項目間の相関関係が高い場合は評価項目に対する評価値がそれぞれ類似する問題が生じるのが現状である。

作業については、建築工事を行う際、作業に対して必要とされる行為<sup>12)</sup>が存在し、それらの行為をどのように実行するのかによってその結果が変わることとなる。しかし、作業に関する行為についての分類やその方法を分析し、現場で各作業を行う際に、最も効率的な行為の方法の選定とその選定による作業全体における行為の流れを表現する計画方法がいまだに開発されていないため、作業を行うための作業プロセスには作業のための細かい行為の方法に関しては記述せず、各技能工に依存して作業が行っているのが現状である。

作業プロセスの計画については、1つの建築工事を完成させるために、現場の状況を基にいかにより作業プロセスを立案するのが鍵である。そのため、作業プロセスの計画において最も重要なものの一つは、ある条件下に与えられた現場の状況に対して作業を、最も効率的に繋げる方法である。しかし、作業計画に関しては、既往の手法として、バーチャート手法<sup>13)</sup>、ネットワーク手法<sup>14)</sup>、施工プロセスチャート手法<sup>15)</sup>、タクト手法<sup>16)</sup>などがあるが、現場の作業の進捗状況を表現し、作業の順序関係を詳細にする表現できる作業プロセスの計画方法に関しての研究はいまだに開発されていないため、工事の検討のための作業プロセスの計画には現場の状況を完全に把握し、経験の豊かさが必要であるのが現状である。

以上に述べたように、建築工事の検討のための改善対象の工事の選定において、コストを中心とした一面的な評価による改善対象が選定されるため、改善対象選定の結果がコストの縮減の幅に傾いており、改善価値向上を基に多面的な評価から多様な改善対象選定ができ、評価項目を設けて評価する場合でも評価項目間の相関関係によって評価点の類似する問題が解決できる手法の開発が要求される。尚、改善対象における作業プロセスの計画の際に、作業プロセスの立案者と作業者が作業のイメージをお互いに理解しやすく、建築工事における全体の作業の検討ができる作業プロセスの改善に対しての課題が残っている。

## 1.2. 本研究に関する既往の研究

### 1.2.1. 建築工事における改善対象選定手法に関する研究

#### A. 改善対象選定に関する研究

改善対象選定は、改善すべき対象選定の研究として、価値指数 (Value Index) による手法として、機能評価によって決定された機能費用とその機能が発揮するための最低費用の比較により、コストダウン可能性の指数が大きい対象を選定する方法を示している。また、現在費用と機能費用による手法として、モノの各機能の現在費用と機能費用を求め、改善可能金額が大きい対象を選定する方法を示している。尚、Cost-Value Mismatches 手法として、モノの各機能の機能費用とその機能の重要度を比較し、不具合の程度によって対象を選定する方法を示している。木村<sup>17)</sup>は、実行予算書の全ての項目から抽出された問題点と改善のヒント検討から改善対象を選定している。小林<sup>18)</sup>は、TS (THEME SELECT) 法として選別シート、判別シートから改善対象を選定している。柏原<sup>19)</sup>は、工事原価分析情報により工事項目の金額比率から改善対象を選定している。足立<sup>20)</sup>は、工事項目の金額比率に加えて単位面積当たり工事項目金額・材料の数量や機器の容量、設備機器の容量・個数当たりの単位から改善対象選定の研究を行っている。

改善対象選定に関しては、従来から改善対象の選定を目的として様々な手法が研究され、多くの成果が得られている。しかしながら、これらの研究は、対象の機能を費用に算定する必要があり、主に、コストを中心とした一面的な観点からの改善対象選定手法の研究が多く、多面的な観点からの改善対象選定手法には至っていない。

#### B. 優先順位に関する研究

建築における優先順位は、対象の評価を行った結果、順位の決め方の研究として、光吉<sup>21)</sup>は、生活環境施設整備の方向を明らかにするために数量化第2類と第3類を用いて、整備順位の決定方法の提案を行っている。守谷<sup>22)</sup>は、建築の維持管理計画における部材設備の選定とその修繕計画の決定のために、AHP 手法を適用して各部材の重要度を求め、建物全体の効用分析モデルを作成している。橋本<sup>23)</sup>は、東京湾の人工なぎさ造成における市民のニーズの優先順位を調べるために、コンジョイント分析を用いて分析を行っている。萩島<sup>24)</sup>は、建築物における環境性能を考慮した総合評価のための重み決定法に関し

て順位法、AHP手法、Grading法、コンジョイント分析を比較し、その特性を示している。

建築における優先順位に関しては、対象の評価や分析あるいは、順位のための手法として用いており、その結果を得ている。しかしながら、これらの研究は、対象の順位を決めるのに重点とした研究が多く、評価をするために設けた評価項目の数が多く、評価項目間の相関関係が高い場合は評価項目に対する評価値がそれぞれ類似する問題が生じ、それを解決する研究はいまだに開発されていない。

## 1.2.2. 建築工事における作業に関する研究

### A. 行為に関する研究

行為は、建築工事において作業者が施工する際に行われる作業に対する行為の研究として、朝稲<sup>25)</sup>は、作業行為の内、運搬作業のエネルギー消費量の評価を行っている。石岡<sup>26)</sup>は、作業空間内の作業者の移動行為における作業干渉のシミュレーションにより工事の状況の解析を行っている。蔡<sup>27)</sup>は、作業のモデルを作成するために作業の単位作業レベルとして作業行為の分類を行い、作業間の順序関係を示している。中島<sup>28)</sup>は、作業特性の事前の予測と検討のために、個々の部材を対象として加工と組立作業行為の時間の推定手法を提案し、木造住宅の作業における適用と検証を行った。梶<sup>29)</sup>は、建築作業の所要時間の内、鉄骨建方作業行為について所要時間の確率分布の検討を行っている。

作業に対する行為に関しては、現場での作業者の作業の行為である運搬、移動、加工、組立などに関して生産性の向上を目的とする様々な研究が行われ、その成果を得ている。しかしながら、これらの研究は、作業のある行為に重点を置き、シミュレーションや実測値に依存する研究が多く、作業に関する行為を原理的に分析し、体系化する研究はほとんどないため、行為に対する詳細な表現や行為と行為の連鎖を明確にする問題が残っている。

### B. 部材間の接合関係に関する研究

接合関係は、部材と部材に対する接合作業の研究として、赤木<sup>30)</sup>は、組立作業を構成する単位作業間の先行関係を得るための方法として、部品の分類とともに作業の区分を行う手法を提案している。内田<sup>31)</sup>は、建築における接合物と取り付け方法の関係を分析し、接合の本質的なものを、Building Elementにおける接合の分類の研究を行っている。井口<sup>32)</sup>は、建築に使われる材料の組合せにおいて直接的な接触の仕方による接合方法の分類を行っている。真鍋<sup>33)</sup>は、接合方法と問題点の関係を分析し、接合方法ごとに問題点を考慮した部位構法を提案している。若山<sup>34)</sup>は、鉄骨建築に用いられる構法の層構成とその接合方法について体系化の研究を行っている。鈴木<sup>35)</sup>は、建築の接合部等に生ずる現象の制御に関してマトリクスを作成し、整理を行っている。

接合関係に関しては、組立方法やその問題点あるいは、接合部に関する研究が様々に行われ、多くの成果が得られている。しかしながら、これらの研究は、接合の順序関係の表現や優先順位を決める方法の研究はほとんどないため、モノを組み立てるための部材間の接合の順序関係においては経験による判断に依存しており、部材間の接合の順序関係の分析による研究は試されていない。



### 1.2.3. 建築工事における作業プロセスの計画に関する研究

#### A. 作業プロセスに関する研究

作業プロセスは、建築工事における作業計画の研究として、田村<sup>36)</sup>は、工事計画の手順などの分析に基づき、連鎖図法による工事計画システムの提案を行っている。大沢<sup>37)</sup>は、工程を詳細に検討した上で多くの計画事項を総合的に捉え、計画者が効率的に立案できる計画手法として施工プロセスチャート手法を提案している。嘉納<sup>38)</sup>は、工程計画において詳細な計画から概略的計画へと積み上げて行く方式と、概略的な計画から詳細な計画へと割り付けて行く方式があると示している。松本<sup>39)</sup>は、建築施工の作業計画において MAC (Multi Activity Chart) を提案し、最適化を求める研究を行っている。広瀬<sup>40)</sup>は、建築の現場作業を構成する主要な行為を作業単位グループとして捉え、分類を行っている。熊田<sup>41)</sup>は、PCa 工場における生産性の向上のために、ダミーアクティビティを用いた工程計画方法を提案している。稲葉<sup>42)</sup>は、機械製品の組立・分解作業において、作業タスク計画と各タスクの機械への割り付け計画を同時に考慮した作業計画手法について、その作業の記述手法と探索手法を提案している。加来<sup>43)</sup>は、工事計画の立案の際、工事計画者の思考を体系的に捉えるために、情報と計画行為の2種類の要素によってそれらの関係性を示し、問題点を明らかにしている。

作業プロセスに関しては、作業を行うための計画の研究は数多く行われてきている。しかしながら、これらの研究は、作業計画の考え方や進め方を分析し、体系化した研究が主流であり、作業プロセスを立案するための作業に関する表現を明確にしていない。

#### B. 作業プロセスの計画に関する研究

作業プロセスの計画は、作業の進捗の表現や把握の研究として、西川<sup>44)</sup>は、建築施工工程計画の施工工程上に存在する時間的な手順関係を STR (STATE Transition Rule) 手法を用いて表現する動的モデルを提案している。安藤<sup>45)</sup>は、作業プロセスを機能とその達成手段である行為との組み合わせとして、一連的に表現するための方法論を提案している。室谷<sup>46)</sup>は、在来型建築工事において工区分割を合理的に作成できる手法を提案している。植田<sup>47)</sup>は、繰り返し型の建築工事において TOC (Theory of Constraints) を用いてコストの最小化を目的とした工程計画の作成手法を提案している。森口<sup>48)</sup>は、建築工事において基本工程表作成のために、適正工期と限界工期から得られる工期調整率を用いて指定工期へと作業日数を積み上げるシステムの作成方法を提案している。

作業プロセスの計画に関しては、従来から行っている研究としては作業間の計画の研究が行われ、その結果を得ている。しかしながら、これらの研究は、ほとんどが作業と作業の繋がりによる計画方法が多く、作業プロセスを立案する際に、作業の流れの表現として、作業や現場の状況に合わせた計画方法による作業プロセスの計画方法の開発までは至っていない。

### 1.3. 本研究の目的と項目

#### 1.3.1. 本研究の目的

建築工事における検討を行う際に、工事の改善のためには建築工事全体から工種単位へ、工種単位から作業単位へ、さらに、作業単位から作業を行うための行為単位まで綿密に検討する必要がある。そのためには、まず、全体工事の内、最も優先して検討すべき工事を選定し、その工事を行うための作業の流れをイメージ化し、最適な作業計画を立案する必要がある。

しかしながら、従来の改善対象選定手法においては、機能に対するコストを中心とした改善対象選定が主流であり、選定基準がコストの縮減余地の幅という一面的な観点からの改善対象選定が多い。

また、作業計画に関しては、既往の手法として、工程の時系列的な流れで作業の順序関係を表現するバーチャート手法、工程の時期を求めて作業の順序関係を表現するネットワーク手法、職種の関係者を交えて作業の順序関係を表現する施工プロセスチャート手法、各工区や階で作業の順序関係を表現するタクト手法等があるが、工事における検討のための工事の分析に関して、その場の作業の進捗状況を表現し、作業計画の内容として作業に対する行為と現場の状況を状態として表現することによって、作業計画での検討ができる作業プロセスの計画に関する研究はいまだに開発されていない。

本研究は、改善効果(改善余地の所に対しての検討により価値向上の割合)が高い工事対象を選定する手法を提案し、限られた時間内に多面的な観点からの改善対象選定により、工事の価値向上を図る。ただし、改善対象選定は、様々な要求を達するために行うが、本研究ではその内、作業を中心として展開することとした。そして、作業に対する「行為」の分類およびその方法を体系化し、作業状況を表現する「状態」という概念を取り入れ、「行為」との連鎖関係を示し、さらに作業の順序関係を明確にする。尚、これらを基に作業プロセスの作成方法を示す。即ち、建築工事の改善を図るために改善対象を選定する方法を示し、作業を詳細に分析する方法及び全体の作業の流れを検討する方法について明らかにすることを目的とした。なお、本研究は乾式工法を主とした建築作業を改善対象とする。

### 1.3.2. 本研究の項目

本研究の目的を達成するためには、以下の3つの項目について研究を行う必要がある。

- ① 工事の検討を行うために、全体工事の内、優先される工事の選定ができる改善対象選定手法を提案する。
- ② 選定された工事の分析を行うために、作業における行為の分類とその方法を体系化し、行為間の連鎖方法を提案する。
- ③ 作業の流れを検討するために、作業関係を「状態」と「行為」として表現し、作業の並行化・協調化の検討より、作業の順序関係を最適化する作業プロセスの作成方法を提案する。

まず、建築の全体工事の内、優先すべき工事について改善対象選定手法により、改善対象工事を選定する。次に、工事作業単位に落とした観点から、各作業を行うための行為とその行為の方法を分類し、作業における行為と行為を繋げる方法を示すことにより、個々の作業の検討を可能にする。そして、作業の状況を表す「状態」と作業を行うための「行為」による作業プロセスの計画方法を示し、作業間を

繋げることにより、建築工事における作業プロセスの改善を行う。

以下にその概要を示す。

#### A. 建築工事における改善対象選定手法に関する研究

建築工事における改善対象の分析として、建築工事を構成している各工事に対して工事毎の重要な役割を把握するために機能定義の表現方法を示す。そして、すべての工事に対して機能定義を行うのは非効率であるため、工事の工事費内訳書に基づいて全体の工事費の内、工事費の割合の大きい順に工事を選定することとする。なお、改善対象選定のための評価項目を設ける必要があり、本研究では、施工段階での改善対象の選定の評価項目として有効な項目を得ることとする。しかし、評価項目の数が多く得られた場合は、評価項目に対する評価点が類似する問題が生じる場合があると示し、評価を行うために設けた評価項目の数が多く、評価項目間の相関関係が高い場合は主成分分析を用いて評価を行うこととする。

また、改善対象選定のための主成分分析の考え方として既往の改善対象選定手法と比較を行う。なお、既往の手法の一面的な観点からの評価を本研究では総合得点の評価として捉え、主成分得点による評価と比較しその特徴を示す。さらに、主成分得点による分析方法を、成分1つで改善対象を選定する場合を分析1とし、成分2つで改善対象を選定する場合を分析2とし、成分3つで改善対象を選定する場合を分析3として本手法の改善対象選定基準を示す。即ち、本手法は、主成分分析を用いて分析方法毎に改善対象を選定することによって、多面的な観点からの改善対象の選定ができる手法として提案する。

最後に、VE技術者20名にアンケート調査(アンケート対象者に工事VEに必要とされる評価項目を記述式で調査)を行う。そして、小規模工事の事例において、本手法によって多方面から改善対象選定を行った結果と実際の工事において検討を行う。

#### B. 建築工事における作業に関する研究

建築工事における現場での作業の行為として、「移動」、「運搬」、「保管」、「計測」、「加工」、「接合」、「解体」に分類し、その定義を行った。そして、上記の7つの行為に関して、それぞれの方法を分析し、概念図として示す。

また、行為間の連鎖を示すために、接合行為を中心として連鎖を行い、その後、接合行為を行うための他の行為を繋げる行為間の連鎖方法を示す。なお、作業を行う対象の部材間の完成時の機能、制約条件、構成要素間の関係、部材(部位)の機能定義などを分析し、接合関係を図示化する。また、部材間の接合の関係について部材間を順次接合する関係と、部材間、別々に接合し、接合された部材同士接合する関係として2つの接合の関係を示した。さらに、部材間の接合の優先順位を選定するために、AHP(analytic hierarchy process)手法を用いて評価を行い、部材間の接合の優先順位による行為間の順序関係を示す方法を提案する。

最後に、事例として鋼製天井・壁下地作業における作業の分析を行い、部材間の接合の優先順位をAHP

手法により、鋼製天井下地作業に関してはマクロ的な観点からの部材間の接合のための優先順位選定を、鋼製壁下地作業に関してはミクロ的な観点からの部材間の接合のための接合行為の方法間の優先順位を AHP 手法により選定を行い、作業間の順序関係を明確にする。

### C. 建築工事における作業プロセスの計画に関する研究

作業プロセスの立案において、作業の順序関係である工程を明確にさせる必要があり、各作業について工程を立てるために、3 章より、建築工事における作業の行為を導入する。そして、作業プロセスを作業の「行為」と現場の空間、部位、部材、機材などの「状態」の表現を用いて、作業プロセスを表現することとした。そして、「状態」に関しては、前状態と後状態に分類し、状態の表現について空間、部位、部材、機材に分け、記述形式を示す。なお、作業プロセスの立案をするための「状態」と「行為」の動詞の連鎖方法により、作業に関する表現を明確に示す。

また、作業計画者が作業計画を立案するために、作業プロセスの 3 種類の計画方法として、詳細に計画を立案する場合には、「状態」と「行為」を用いた計画方法を、概略的に計画を立案する場合には、「行為」のみを用いた計画方法と「状態」のみを用いた計画方法を提案し、それぞれの計画方法の特徴を示す。そして、「前状態」・「行為」・「後状態」を 1 つのワークパッケージとして捉え、ワークパッケージ間の連鎖方法を示す。さらに、ミクロ的な「状態」と「行為」の関係からマクロ的な「状態」と「行為」の関係への計画方法を示し、多様な表現ができるようにする。尚、作業の順序関係を検討するために、同時に実施できる複数の作業は作業プロセス上で並行化させ、また、同一作業に関しては作業チームを編成し、作業の協調化を検討することによって作業関係の最適化を図る。そして、作業プロセスの計画のために 3 種類の計画方法により、作業における作業の順序関係や進捗状況を明確にする作業プロセスの計画方法を示す。

最後に、鋼製壁下地作業を事例として、提案した 3 種類の計画方法の計画方法に基づく、「状態」と「行為」による作業プロセス図、「行為」のみによる作業プロセス図、「状態」のみによる作業プロセス図を作成し、各計画方法の比較を行う。

(参照文献)

- 1) J. Jerry Kaufman : Defining Value in VM Practice、第 40 回 VE 全国大会資料集、pp127-137、2007. 10
- 2) 日本建築学会 : 作業能率測定指針、日本建築学会、pp145-173、1990. 2
- 3) 土屋裕編 : 新・VE の基本、産能大学出版部、pp28-2、1998. 5
- 4) 馬場 勇 : 工事管理のための価値工学手法の開発とその適用に関する研究、日本建築学会計画系論文報告集 (387)、pp119-125、1988. 5
- 5) アルフォンソ J. デリソーラ : 建設プロジェクトにおける VE の活用、産能大学出版部、2001. 10
- 6) J. Jerry Kaufman : VALUE MANAGEMENT、Bawden Printing 、p10、1998
- 7) 社団法人国際建設技術協会 : 建設 VE、日経 BP 社、pp53-72、1998. 5
- 8) 建築コスト管理システム研究所 : 公共建築 VE、大成出版社、pp207-209、2000. 11
- 9) 建築設計 VE 実務規準開発研究会 : 建築設計 VE マニュアル、社団法人日本バリュー・エンジニアリング協会、pp55-57、1999. 12
- 10) SAVE International : VALUE STANDARD and BODY OF KNOWLEDGE、p14、2007. 6
- 11) 上野一郎(監修) : VE ハンドブック、(社)日本バリュー・エンジニアリング協会、p4、2007. 12
- 12) 真鍋恒博 : 図解建築構法計画講義、彰国社、pp332-344、1999. 9
- 13) J. W. Melin、B. Whiteaker : Fencing A Bar Chart、ASCE、pp497-507、1981. 9
- 14) A. E. Naaman : Networking Methods for Project Planning and Control、ASCE、pp357-372、1974. 3
- 15) 大沢幸夫 : 施工プロセスチャット手法による工程計画に関する研究、早稲田大学学位論文、1998. 03
- 16) 日本建築学会 : 建築工事における工程の計画と管理指針・同解説、日本建築学会、pp92-95、2004. 2
- 17) 木村俊太郎 : VE 計画と対象選定の効率化、第 13 回 VE 全国大会 VE 研究論文集、VOL11、pp77-83、1980. 10
- 18) 小林亘 : TS 法による VE テーマ選定、第 17 回 VE 全国大会 VE 研究論文集、VOL15、pp59-66、1984. 10
- 19) 柏原忠茂 : 建設 VE 検討におけるテーマしぼりこみ法、第 32 回 VE 全国大会 VE 研究論文集、VOL30、pp44-53、1999. 10
- 20) 足立忠郎 : 建設 VE 検討におけるテーマしぼりこみ法(その 2)、第 36 回 VE 全国大会 VE 研究論文集、VOL34、pp98-109、2003. 11
- 21) 光吉健次他 3 名 : 住民意識にもとづいた生活環境施設整備の順位算定モデルに関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp1239-1240、1975. 10
- 22) 守谷謙一、近江隆、石坂公一 : AHP による重要度評価を用いた部材選定方法及び修繕計画策定手法に関する研究、日本建築学会計画系論文集. 第 535 号、pp215-222、2000. 9
- 23) 橋本直樹他 3 名 : 人工なぎさ造成政策に対する市民の環境意識に関する研究ー(その 2) コンジョイント分析による計画案の順位ー、日本建築学会大会学術講演梗概集. A-2、pp275-276、2001. 7
- 24) 萩島理、谷本潤、高園洋行 : 環境性能を考慮した建築物の総合評価のための重み決定法に関する諸検討、日本建築学会環境系論文集. 第 587 号、pp63-69、2005. 1

- 25) 朝稲渉、守明子：施工行為における力学環境評価手法に関する評価 その2 荷物の上げ下ろし作業における姿勢角度およびエネルギー消費量の試算、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp473-474、2007.8
- 26) 石岡弘晃、嘉納成男：3次元空間データを用いた作業干渉の解析に関する研究～作業による空間の占有状況の解析と結果の時系列的な表現手法～、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp1305-1306、2010.9
- 27) 蔡成洪：建築工事における作業の推定方法に関する研究、早稲田大学学位論文、pp15-29、2003.3
- 28) 中島正夫：部材加工・組立作業時間の推定手法—木造住宅構法評価のための作業特性の推定手法に関する研究（その5）—、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp453-454、1997.9
- 29) 梶隆：鉄骨建方作業における所要時間のバラツキに関する考察、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp129-130、2010.9
- 30) 赤木文男、大崎紘一、菊池進：部品の結合関係による製品の展開に関する手法、日本機械学会論文集.46巻402号、pp147-153、1980.2
- 31) 内田祥哉他3名：Building Elementにおける‘接合’の分類、日本建築学会論文報告集.第66号、pp261-264、1960.10
- 32) 井口洋佑、佐々田耕三：接触面による接合部の分析および体系化（接触面と組立て分析の方向との関連）、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp431-432、1971.11
- 33) 真鍋恒博、藤原嗣考、久利生清隆：建築部位への付加的接合に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp739-740、1977.10
- 34) 若山滋、市川健二：鉄骨建築における構法の層構成とその接合方法、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp573-574、1986.8
- 35) 鈴木建、真鍋恒博：建築の接合部等に生ずる現象の制御手法の体系的整理、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp689-690、1999.9
- 36) 田村恭、堀江邦彦：建築工事計画の最適化に関する研究—連鎖図法による工事計画システムの提案—、日本建築学会関東支部研究報告集、pp405-408、1980.7
- 37) 大沢幸夫：施工プロセスチャット手法による工程計画に関する研究、早稲田大学学位論文、pp39-68、1998.03
- 38) 嘉納成男：建築工事の工程計画手法に関する研究、早稲田大学学位論文、pp12-18、1986.3
- 39) 松本信二、三根直人、内山義次：建築施工における作業計画方法に関する研究、日本建築学会計画系論文報告集.第380号、pp112-118、1987.10
- 40) 広瀬鎌二他4名：建築計画の研究（1）—作業コンポーネントの分類—、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp771-772、1988.10
- 41) 熊田昭彦、梶隆：PCa工場における生産性に関する考察 その2 工程計画方法、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp795-796、2005.9

- 42) 稲葉昭夫他 3 名：組立工程のモデル化とそのスケジューリング手法の提案、電子情報通信学会技術研究報告、pp67-72、1997.7
- 43) 加来正則、中村裕幸：工事計画の立案過程に関する研究－工事計画者の思考に関する考察－、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp1013-1014、1994.9
- 44) 西川正典、手越義昭：STR 手法による建築施工工程計画動的モデリングの研究、日本建築学会中国支部研究報告集、pp973-976、2005.3
- 45) 安藤幹朗、嘉納成男：機能展開に基づく新工法開発に関する研究（その 1）機能と行為による作業プロセスの表現、日本建築学会関東支部研究報告集、pp517-520、1999.3
- 46) 室谷泰蔵、古阪秀三、金多隆：在来型建築工事における工程計画作成に関する研究、日本建築学会計画系論文報告集. 第 582 号、pp109-116、2004.8
- 47) 植田浩二他 4 名：繰り返し型建築工事における TOC を用いた工程計画に関する研究、日本建築学会計画系論文報告集. 第 557 号、pp281-288、2002.7
- 48) 森口五郎、若木俊男：建築工事における基本工程表作成手法に関する研究、日本建築学会計画系論文報告集. 第 445 号、pp121-131、1993.3

## 第2章 建築工事における改善対象選定手法に関する研究



## 第2章 建築工事における改善対象選定手法に関する研究

### 2.1. 建築工事における改善対象選定

#### 2.1.1. 改善対象選定手法

建築工事における VE(Value Engineering) 検討を行う際に、与えられた時間内にすべての工事に対して VE 検討を行うことは難しいため、対象の内、最も優先される改善対象を選定しなければならない。そのため、建築の各工事に対する評価を行う必要がある。改善対象選定の評価をする既往の改善対象選定手法としては、価値指数 (Value Index) による方法<sup>1)</sup>、現在費用と機能費用による方法<sup>2)</sup>、Cost-Value Mismatches 方法<sup>3)</sup> などがあるが、これらの手法は機能に対するコストを基に評価している(表 2.1.1)。そのため、改善対象選定の際、評価の基準がコストの節減に重みを置くため、コストの縮減余地の幅という一面的な観点からの改善対象選定が多いのが現状である。しかしながら、改善対象を選定する際には、現場の条件や要求に合わせた改善対象を多面的な観点から検討し、現場の状況に合わせた改善対象を選定し、その対象の価値を向上させる必要がある。

そこで本研究では、改善対象選定のために対象の役割を把握するための機能定義を行い、各工事の工事費内訳書から工事費も考慮した上で、多面的な観点から改善対象選定ができ、改善対象の検討に有効である手法を提案することを目的とする。

表. 2.1.1 既往の改善対象選定手法

改善対象選定手法	内容
価値指数 (Value Index) による手法	対象の機能定義による機能に評価された機能費用とその機能を達成するための最低費用によってコストダウンの可能性が高い対象を選定する。 価値指数 (Value Index) = Cost / Worth *Cost: 一つの機能に対してその機能が達成するために所要する費用 *Worth: 一つの機能に対してその機能が達成するための最低費用
現在費用と機能費用による手法	対象の現在費用とその対象の機能定義による機能に評価された機能費用によって価値 (Value) が低い機能を考慮しながら対象の現在費用に機能費用を引き、改善可能な金額が大きい対象を選定する。 Value = Function / Cost, Pi = Cost - Function *Pi: 改善可能な金額
Cost-Value Mismatches方法	対象の機能に評価された現在費用とその機能の重要度 (高い・低いなど) を比較し、それらのMismatchとなった対象を選定する。

#### 2.1.2. 機能定義

機能定義<sup>4)</sup>とは、対象の持っている機能のある決められた様式に従って明確に表現し、単純な形でその機能を定義することである。ここでいう機能とは、ものやサービスの働き・目的・役割のことである。このように、各工事を機能的な面で把握するために機能定義を行うこととし、本研究での機能定義に関して表. 2.1.2 にまとめた。特に、本研究での機能定義の役割としては、改善対象となる工事の把握だけではなく、改善対象となる工事の最も重点的な機能の把握にも役割を果たす。

表. 2.1.2 建築工事における改善対象選定のための機能定義

改善対象選定のための機能定義	内容
機能定義の表現方法	(物性)名詞 + (他)動詞
対象工事の抽出による機能定義	工事費内訳書に基づいた全体工事費の内、工事費の割合の大きい順の工事を抽出し、対象となる工事に対して機能定義を行う
改善対象選定における機能定義の意味合い	改善対象となる工事の機能の内、得点の高い機能を順天的な機能として扱う (改善する対象の重点とした機能である)

### A. 機能定義の表現方法

機能定義の表現方法は、「(物性) 名詞+(他)動詞」として表現する。まず、名詞は可能な限り物性名詞(例：圧力、重さ、表面など)を用いて定義し、固有名詞(例：鉄筋、木材、コンクリートなど)は表現しないようにする。それは、モノに対してアイデア発想の拡大を誘導する VE 手法にとって物質名詞を用いることによってアイデア発想の障害要素となるためである。ただし、固有名詞を使う場合としては、機能定義を行う対象が決められ、お互いの関係についてモノ(部材等)を指定してその役割に関して表現する場合はある。

また、動詞は目的に向かう動作を示す他動詞を用いて表現することとし、自動詞は除外する。その理由は、何かに働きかける表現によって、目的を明確にし、アイデア発想に生かすことができるためである。表. 2. 1. 3 は小規模工事における機能定義の事例である。

表. 2. 1. 3 小規模工事の機能定義の例(一部)

空間名	機能定義
リフト	食材運搬の利便性を図る。
	料理提供の利便性を高める。
	はやいサービスを提供する。
階段	昇降をさせる。
	上/下層をつなげる。
	店のイメージを提供する。
外壁	印象を与える。
	店を知らせる。
倉庫	食品を保管する。
	資材を保管する。
トイレ	生理的欲求を解決する。
	店の清潔度を知らせる。
	快適性を高める。

### B. 機能定義のための対象工事の抽出

本研究では、改善対象として工事を対象とするが、すべての工事に対して機能定義を行うのは非効率であるため、工事の工事費内訳書に基づいた全体の工事費の内、工事費の割合の大きい順に工事を抽出することとする。例えば、下記の図. 2. 1. 1 に示すように、鉄筋コンクリート工事(54%)とタイル工事(16%)で、工事費の大きい順に累計値が70%までの工事を抽出し、その工事のみについて機能定義を行うこととする。

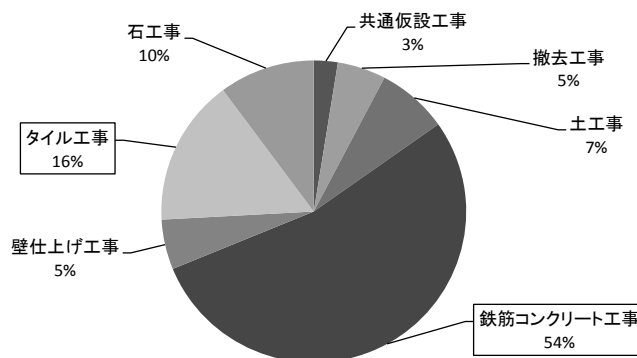


図. 2. 1. 1 工事の抽出(工事の一部)

### C. 改善対象選定における機能定義の意味合い

改善対象選定のための対象が選定された後、機能定義を対象毎に行うが、この機能定義は、工事に対する機能定義の内、評価された得点が高い機能定義を重点として改善対象を分析する意味合いがある。例えば、上記の表. 2. 1. 3 から改善対象となったのがリフトであることを仮定し、評価された機能定義の得点が、“食材運搬の利便性を図る(3点)”、“料理提供の利便性を高める(4点)”、“はやいサービスを提供する(5点)”であった場合、3つの機能定義の内、得点が一番高い“はやいサービスを提供する”をリフトの重点として改善対象を考えることである。

### 2. 1. 3. 評価項目の相関関係

VE の目的<sup>5)</sup>は、モノが持っている価値を機能的な観点から捉え、発注者および使用者が要求する機能を反映するための改善対象を選定し、その対象を改善することによって価値を向上させ、満足させることである。改善対象選定のための評価は、発注者および使用者の機能に対する要求に対応させることが重要となり、評価の際にそれらを反映させたのが評価項目である。本研究では、評価を行うために必要となる評価項目を設計段階と施工段階の内、施工段階での改善対象選定のための評価項目に限定して分析することとした。しかし、評価項目の数が多く得られた場合は、評価項目に対する評価点が類似する問題が生じることがある。

表. 2. 1. 5 に示すように、各工事について 7 つの評価項目を基に評価を行い、評価のために表. 2. 1. 4 の評価尺度(9点尺度)を用いることとした。ここでは、各工事に対して評価項目に関係が高くなるほど9点の与えることとした。

表. 2. 1. 4 評価尺度

尺度の目安	得点
関係がとても低い	1
関係が少し低い	3
関係が普通である	5
関係が少し高い	7
関係がとても高い	9
2、4、6、8点は中間点とする	

表. 2. 1. 5 に示すように、評価者の得点付けの結果を見ると、評価項目の“工事費低減”と“施工性”の得点が型枠工事と内装工事以外の工事は同じ得点であることが分かる。このことより、評価項目の相関関係を把握することとした。

表. 2. 1. 5 評価項目による各工事の得点付け

評価項目 工事名	工期短縮	工事費低減	施工性	安全	品質	環境の配慮	周辺のクレーム
土工事	8	6	6	3	3	2	8
型枠工事	5	5	4	3	4	5	7
鉄筋工事	8	6	6	5	5	5	8
建具工事	6	8	8	5	7	5	6
設備工事	4	5	5	5	5	4	4
防水工事	5	7	7	3	5	3	4
内装工事	5	7	5	7	6	3	2
塗装工事	4	5	5	3	4	5	6

表. 2. 1. 6 に示すように、“工事費低減”と“施工性”が強い相関(0.82)で、次は、“工事費低減”と“品質”が強い相関(0.73)で、次は、“安全”と“品質”が強い相関(0.71)であった。また、図. 2. 1. 2 から、“工期短縮”、“環境への配慮”、“周辺のクレーム”の評価項目以外は、それぞれ0.7以上の相関関係がある評価項目が存在し、このように相関関係のある評価項目がある場合には、主成分分析を用いて評価する方が適切であると考えられる。

表. 2. 1. 6 評価項目間の相関係数

評価項目 工事名	工期短縮	工事費低減	施工性	安全	品質	環境への 配慮	周辺の クレーム
工期短縮	1.00	0.27	0.37	-0.02	-0.17	-0.22	0.67
工事費低減		1.00	<b>0.82</b>	0.40	<b>0.73</b>	-0.21	-0.27
施工性			1.00	0.04	0.51	-0.09	0.07
安全				1.00	<b>0.71</b>	0.00	-0.55
品質					1.00	0.29	-0.50
環境への配慮						1.00	0.28
周辺のクレーム							1.00

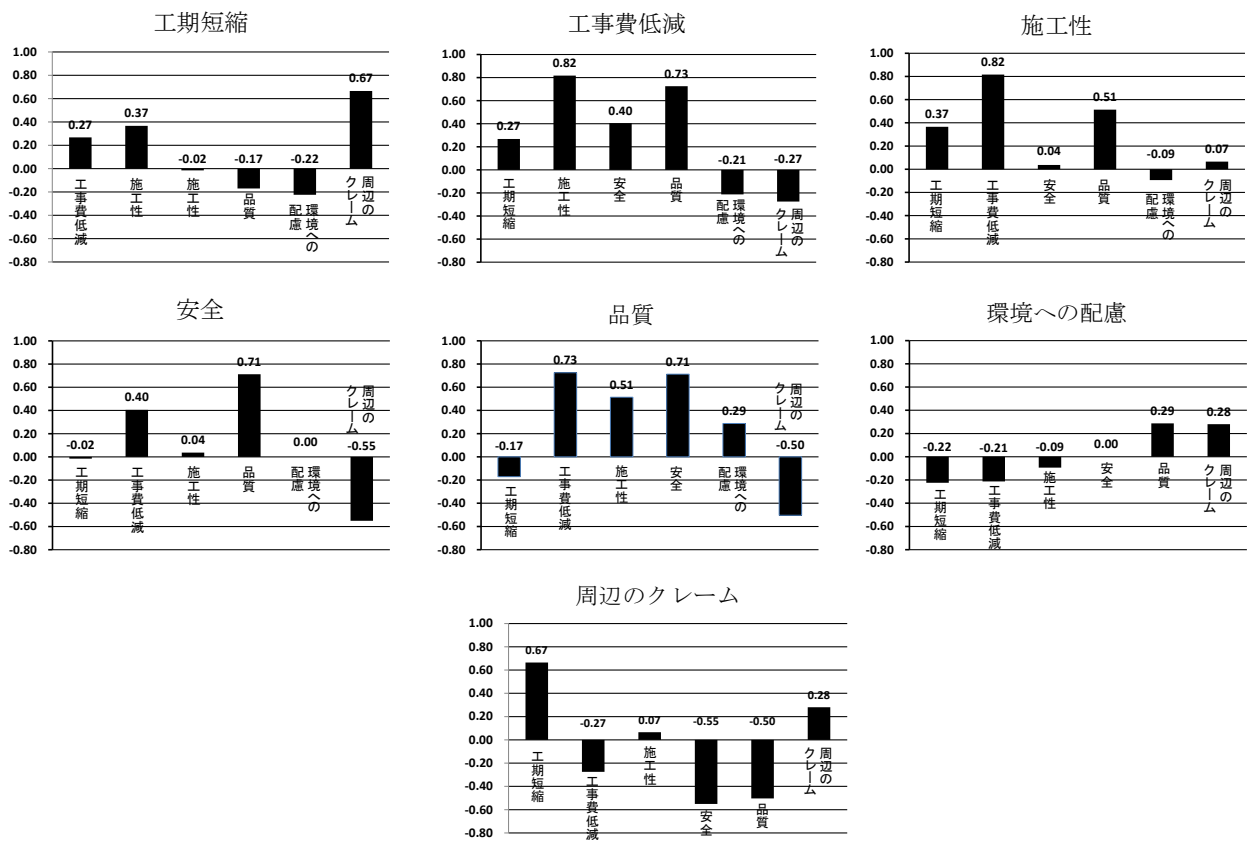


図. 2. 1. 2 各評価項目の相関係数図

## 2.2. 評価項目に対する主成分分析の分析方法

### 2.2.1. 評価項目に対する主成分分析の考え方

評価をするために設けた評価項目の数が多く、評価項目間の相関関係が高い場合は評価項目に対する評価点がそれぞれ類似する問題が生じるため、主成分分析を用いて評価を行うこととした。これによって類似した評価項目を成分として表し、既往の改善対象選定手法での一面的な観点から改善対象選定ではなく、それぞれの成分を基に多面的な観点から評価ができ、それによって改善対象を選定することができる。ここでいう多面的な観点とは、主成分分析により3つの成分が抽出された場合、7つ(成分1、成分2、成分3、成分1と成分2、成分1と成分3、成分2と成分3、成分1と成分2と成分3)の観点である。即ち、7つの観点から改善対象選定ができる。表.2.2.1は、既往の改善対象選定手法と本研究の改善対象選定手法の比較を示している。

表.2.2.1 既往の改善対象選定手法と本研究の改善対象選定手法の比較

	既往の改善対象選定手法	本研究の改善対象選定手法
改善対象	工事全体	工事全体
評価基準	主にコスト重心	成分重心
評価観点	一面的な観点	多面的な観点

### 2.2.2. 平均得点と主成分得点

平均得点の評価は、得られた評価項目を基に評価尺度を用いて評価を行い、その得点の合計点を評価項目の数で割った得点を平均得点とし、それぞれの対象の順位は、平均得点の高い順とする(ただし、既往の手法のコストの一面的な観点からの評価を本研究では平均得点の評価として捉えた)。それに比べ、主成分得点の評価は、得られた評価項目を基に評価尺度を用いて評価を行った結果、相関が強い評価項目を成分としてまとめ、それぞれの対象の順位は、成分毎の主成分得点の高い順とする。

例えば、表.2.2.2に示すように、平均得点では、得点が高い順に2位まで挙げると、1位がオープン客室の“空間の効率性を高める”で、2位が個人客室の“空間を仕切る”、“快適性を維持する”とオープン客室の“快適性を維持する”と厨房の“清潔を維持する”である。反面、表.2.2.3に示すように、主成分得点では、得点が高い順に2位まで挙げると、成分1では1位が個人客室の“空間を仕切る”で、2位が個人客室の“快適性を維持する”とオープン客室の“快適性を維持する”である。また、成分2では1位が駐車場の“駐車空間を提供する”で、2位が駐車場の“利便性を提供する”、“駐車場の利便性を高める”である。ここで、平均得点を用いた場合は、駐車場の“駐車空間を提供する”、“利便性を提供する”、“駐車場の利便性を高める”が7位にランクされ、改善対象選定の対象となる可能性が低い。主成分得点を用いた場合は、成分2の観点から順位が1位と2位にランクされ、改善対象となる可能性が高い。このように、平均得点を用いた評価は、評価された得点を基に総合的な評価の結果による改善対象選定を行うが、主成分得点を用いた評価は、評価された得点を基に成分毎に多面的な評価の結果による改善対象選定を行うことができる。

表.2.2.4に示すように、平均得点と主成分得点の順位の特徴をまとめた。

表. 2. 2. 2 平均得点による評価

空間名	機能定義	評価項目						平均得点	順位
		駐車空間の確保	車両の出入りの利便性	室内の快適性	空間の可変性	厨房使用の利便性	清潔維持の利便性		
エレベーター	移動の利便性を提供する。	5	4	4	1	1	1	2.67	18
	上/下層をつなげる。	2	2	1	1	2	1	1.50	33
リフト	食材運搬の利便性を図る。	5	3	1	1	9	1	3.33	7
	料理提供の利便性を高める。	2	1	1	1	9	1	2.50	20
階段	はやいサービスを提供する。	3	1	1	1	7	1	2.33	22
	昇降をさせる。	3	3	1	1	1	1	1.67	30
倉庫	上/下層をつなげる。	3	3	1	1	2	1	1.83	26
	店のイメージを提供する。	1	1	3	1	1	1	1.33	34
トイレ	食品を保管する。	2	1	1	1	6	5	2.67	18
	資材を保管する。	2	1	1	3	6	5	3.00	14
ホール	生理的欲求を解決する。	1	1	1	1	1	1	1.00	37
	店の清潔度を知らせる。	1	1	1	1	1	1	1.00	37
カウンター	快適性を高める。	1	1	6	1	1	1	1.83	26
	出入りを連結する。	7	8	1	1	1	1	3.17	12
駐車場	店のイメージを提供する。	1	3	3	1	1	1	1.67	30
	動線を連結する。	3	4	1	1	1	1	1.83	26
個人客室	待機空間を提供する。	2	2	3	1	1	1	1.67	30
	駐車空間を提供する。	9	7	1	1	1	1	3.33	7
オープン客室	利便性を提供する。	7	9	1	1	1	1	3.33	7
	駐車場の利便性を高める。	7	9	1	1	1	1	3.33	7
通路	店への進入を誘導する。	5	9	1	1	1	1	3.00	14
	支払いの処理をする。	1	1	1	1	1	1	1.00	37
キッチン	席を知らせる。	1	1	1	1	1	1	1.00	37
	店の全般的な流れを把握する。	1	3	4	1	1	3	2.17	24
個人客室	従業員に指示する。	1	3	1	1	5	3	2.33	22
	店のイメージを提供する。	1	1	1	1	1	1	1.00	37
オープン客室	プライバシーを確保する。	2	2	1	1	1	1	1.33	34
	食事をさせる。	1	1	5	3	1	7	3.00	14
キッチン	空間を仕切る。	1	1	6	9	1	5	3.83	2
	雰囲気演出する。	2	2	5	4	1	5	3.17	12
通路	快適性を維持する。	1	1	9	3	1	8	3.83	2
	空間の効率性を高める。	4	3	3	7	1	6	4.00	1
キッチン	食事をさせる。	1	1	5	3	1	7	3.00	14
	雰囲気を構成する。	1	1	3	4	1	5	2.50	20
キッチン	快適性を維持する。	1	1	9	3	1	8	3.83	2
	注文されたものを提供する。	3	2	1	4	7	3	3.33	7
キッチン	調理をする。	1	1	1	1	9	8	3.50	6
	清潔を維持する。	1	1	5	1	6	9	3.83	2
通路	空間をつなげる。	1	1	1	4	3	1	1.83	26
	動線を提供する。	1	1	1	2	1	1	1.17	36
通路	店のイメージを提供する。	1	1	3	2	1	5	2.17	24

表. 2. 2. 3 主成分得点による評価

空間名	機能定義	成分1	成分2	成分1の順位	成分2の順位
エレベーター	移動の利便性を提供する。	0.07	1.10	13	6
	上/下層をつなげる。	-0.64	-0.15	35	17
リフト	食材運搬の利便性を図る。	-1.52	-0.36	41	24
	料理提供の利便性を高める。	-1.52	-1.35	40	40
階段	はやいサービスを提供する。	-1.28	-0.86	39	36
	昇降をさせる。	-0.52	0.39	26	9
倉庫	上/下層をつなげる。	-0.64	0.25	34	10
	店のイメージを提供する。	-0.13	-0.32	16	21
トイレ	食品を保管する。	-0.69	-1.07	36	38
	資材を保管する。	-0.27	-0.98	18	37
ホール	生理的欲求を解決する。	-0.53	-0.39	29	27
	店の清潔度を知らせる。	-0.53	-0.39	29	27
駐車場	快適性を高める。	0.47	-0.21	11	18
	出入りを連結する。	-0.49	2.16	24	4
カウンター	店のイメージを提供する。	-0.10	0.07	14	13
	動線を連結する。	-0.51	0.58	25	8
個人客室	待機空間を提供する。	-0.12	0.07	15	12
	駐車空間を提供する。	-0.52	2.36	27	1
キッチン	利便性を提供する。	-0.48	2.35	22	2
	駐車場の利便性を高める。	-0.48	2.35	22	2
通路	店への進入を誘導する。	-0.46	1.95	21	5
	支払いの処理をする。	-0.53	-0.39	29	27
オープン客室	席を知らせる。	-0.53	-0.39	29	27
	店の全般的な流れを把握する。	0.32	0.03	12	14
個人客室	従業員に指示する。	-0.77	-0.66	38	35
	店のイメージを提供する。	-0.53	-0.39	29	27
個人客室	プライバシーを確保する。	-0.52	0.00	28	16
	食事をさせる。	1.37	-0.38	5	25
キッチン	空間を仕切る。	2.60	0.02	1	15
	雰囲気演出する。	1.36	0.14	7	11
キッチン	快適性を維持する。	2.28	-0.27	2	19
	空間の効率性を高める。	1.70	0.76	4	7
キッチン	食事をさせる。	1.37	-0.38	5	25
	雰囲気を構成する。	0.96	-0.33	8	22
キッチン	快適性を維持する。	2.28	-0.27	2	19
	注文されたものを提供する。	-0.41	-0.60	20	34
キッチン	調理をする。	-0.71	-1.82	37	41
	清潔を維持する。	0.56	-1.27	9	39
通路	空間をつなげる。	-0.14	-0.54	17	33
	動線を提供する。	-0.32	-0.35	19	23
通路	店のイメージを提供する。	0.54	-0.43	10	32

表. 2. 2. 4 平均得点と主成分得点による改善対象の順位の特徴

	平均得点による改善対象の順位	本手法による改善対象の順位
得点の基準	合計点を評価項目数で割った平均得点	成分毎の主成分得点
改善対象選定の基準	評価された得点を基に総合的な評価の結果による改善対象の選定	主成分得点を基に成分毎の多面的な評価の結果による改善対象の選定

本研究では最終的に幾何平均による方法で改善対象の順位を決めることとした。その理由は、まず、平均得点によって改善対象を選定した場合、評価項目間の相関が高い評価項目に対する得点は類似する得点付けとなる問題が生じ、二重に足させることを防ぐため、本研究では平均得点による方法は採用しないこととした。そして、距離による方法の場合、図. 2. 2. 1のように、基準点(0.0)からA点とB点の距離は同じであるため、順位は同じである。しかし、A点とB点を比べるとA点は成分1と成分2の正の値を両方とも反映しているが、B点は成分1の正の値のみに反映していることが分かる。これを幾何平均による方法の場合、A点は4得点で、B点は0得点となり順位が異なる結果となる。即ち、A点は



両成分(成分1と成分2)の正の値を考慮した得点となるが、B点は成分1に傾いている得点であるため成分2は考慮外になっていることが分かる。そこで本研究では、これらの理由から改善対象を選定する際、2次元以上の場合はそれぞれの成分の正の値をバランスよく取れる幾何平均による方法で順位を決めることとした。

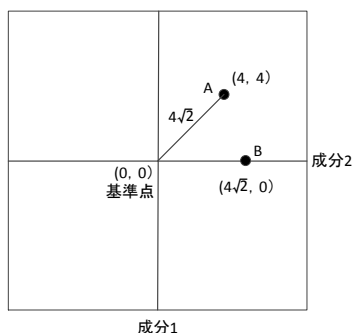


図. 2. 2. 1 主成分得点の座標

### 2. 2. 3. 主成分得点による改善対象選定の方法

改善対象選定のために本手法では、主成分得点を用いた成分毎の観点から多面的な改善対象の優先順位を決めることとした。例えば、評価項目が3つの成分としてまとめた場合、下記に述べたように、分析1として成分1つで改善対象を選定する方法と、分析2として成分2つを考慮して改善対象を選定する方法と分析3としてすべての成分を考慮して改善対象を選定する方法がある。これによって、7つの観点から改善対象選定ができることとなり、多面的な観点からの改善対象選定ができる。

#### A. 成分1つで改善対象を選定する場合(分析1)

1つの成分の観点から改善対象を選定する場合の改善対象選定の方法である。1つの成分で順位を決める方法として、正と負の値の内、正の方向に値が大きい順で改善対象の順位を決めることとした。図. 2. 2. 2 に示すように、 $-0.20$  から主成分得点の正の方向に値が大きい順で改善対象とすると、A、B、C、Dである。ただし、改善対象の範囲は、すべての分析で同じ条件として $-0.20$  以上の主成分得点とした。

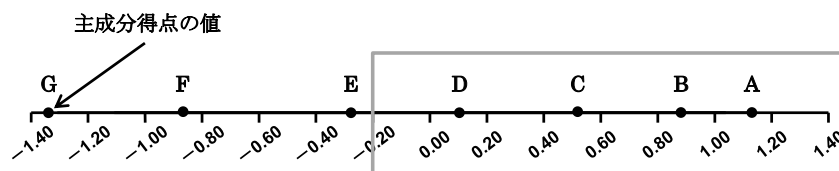


図. 2. 2. 2 主成分得点の値(1次元)

#### B. 成分2つで改善対象を選定する場合(分析2)

2つの成分の観点から改善対象を選定する場合の改善対象選定の方法である。2つ以上の成分で順位を決める方法として、“算術平均、幾何平均”、などの方法があるが、本研究では“幾何平均の考え方”で改善対象の順位を決めることとした。そして、その主成分得点座標による幾何平均値を求めるため、図. 2. 2. 3 に示すように、 $(-0.20, -0.20)$ から主成分得点の座標(a, b)までの幅によりを求め、値が大き

い順に順位を決めることとする。ただし、改善対象の範囲は、すべての分析で同じ条件として-0.20以上の主成分得点とした。

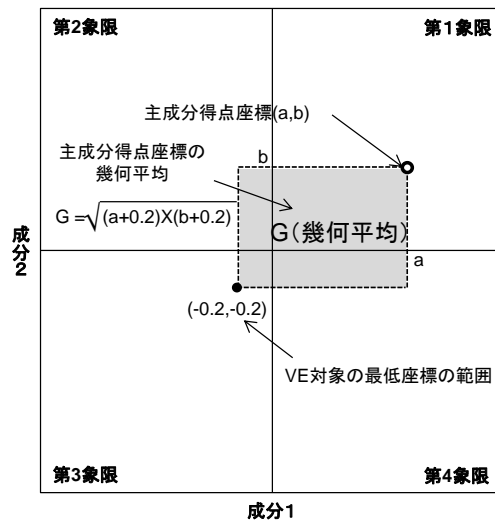


図. 2. 2. 3 主成分得点座標の幾何平均値(2次元)

C. 成分3つで改善対象を選定する場合(分析3)

3つの成分の観点から改善対象を選定する場合の改善対象選定の方法である。主成分得点の座標が3つの軸が存在するため、図2.2.4に示すように、(-0.20, -0.20, -0.20)から主成分得点の座標(a, b, c)までの幅の幾何平均を求め、分析2と同じく、値が大きい順に順位を決めることとした。

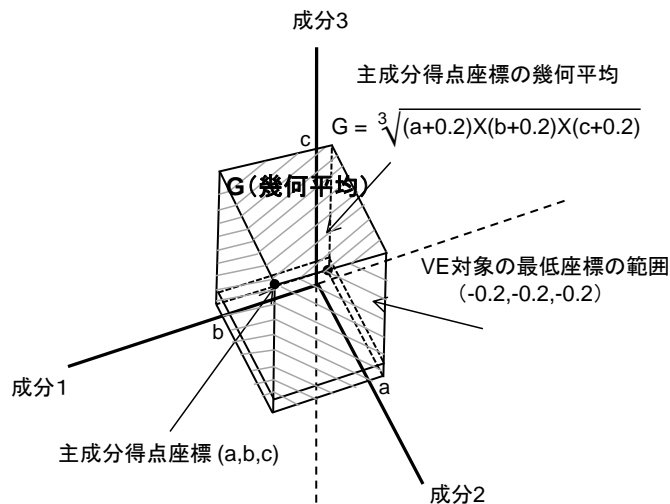


図. 2. 2. 4 主成分得点座標の幾何平均値(3次元)



## 2.3. 小規模工事における適用

### 2.3.1. 工事事例の評価

工事事例として韓国の釜山にある小規模工事で、工事規模が建築面積 316.33 m<sup>2</sup>、延べ床面積 957.33 m<sup>2</sup>、地上 4 階建て、全体工事費が約 14 億 Won (約 1 億 1 千 7 百万円、2010.04.13 現在) の工事を挙げる。表.2.3.1 に工事の概要、図.2.3.1 に、工事の配置図を示す。

表.2.3.1 工事事例の概要

区分	内容
事業名	釜山市東大新洞 00 近隣生活施設 建設工事
工事期間	2006.2 ~ 2006.12
事業地	釜山市 西区 東大新洞 0-0-0
事業面積	898.00m <sup>2</sup> (271.65坪)
地域・地区	一般商業地域・防火地区
用途	近隣生活施設、一戸建て
道路現況	5.5M道路, 7.2M道路
建築面積	316.33m <sup>2</sup>
延べ床面積	957.33m <sup>2</sup>
建ぺい率	52.09m <sup>2</sup>
容積率	151.50%
階数	地上 4 階

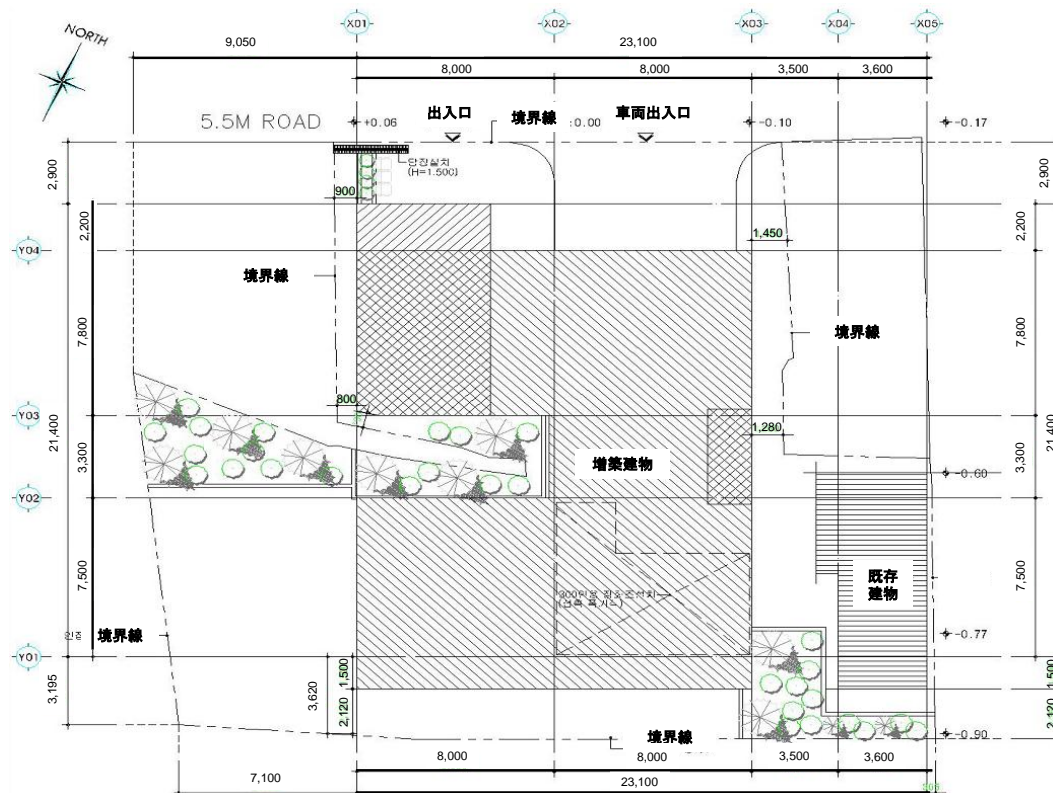


図.2.3.1 工事事例の配置図

まず、見積書による工事事例に対する工事費として影響がある工事、即ち、工事費が高く占める工事を選定し、それに対してVE 経験者らのアンケート調査により、工事 VE としての評価項目を調査し、評価項目を選定した。その後、選ばれた各工事に対して評価項目に対する 9 点尺度法(評価項目に対して

VE の適用に効果がある程 9 点に近いで評価点を与え、基礎データを作成した。その基礎データを基に主成分分析を行い、その結果、類似した評価項目を成分としてまとめた。それを成分として扱い、成分ごとに高い得点を得た工事を改善対象として選定した。その後、平均得点による改善対象と主成分分析による改善対象との比較を行い、最終的に、主成分分析による改善対象選定手法の適用とその考察をした。

#### A. 工事事例の全体の内訳

本研究では、工事契約書に添付される見積書に基づいて工事事例に対する全体の工事費の内、工事費の大きい順に累計値が 75% までの工事を抽出した。

これらの工事は、図. 2. 3. 2 に示す 36 の工事の内、四角く囲まれている 13 の工事である。選ばれた工事としては、鉄筋コンクリート工事(22%)、建具工事(10%)、木工事(7%)、タイル工事(6%)、エレベーター・リフト工事(4%)、天井工事(4%)、石工事(4%)、ガラス工事(3%)、金属工事(3%)、土工事(3%)、エアコン設置工事(3%)、換気設備工事(3%)、装備・衛生機具設置工事(3%)である(カッコ内は工事費の割合)。

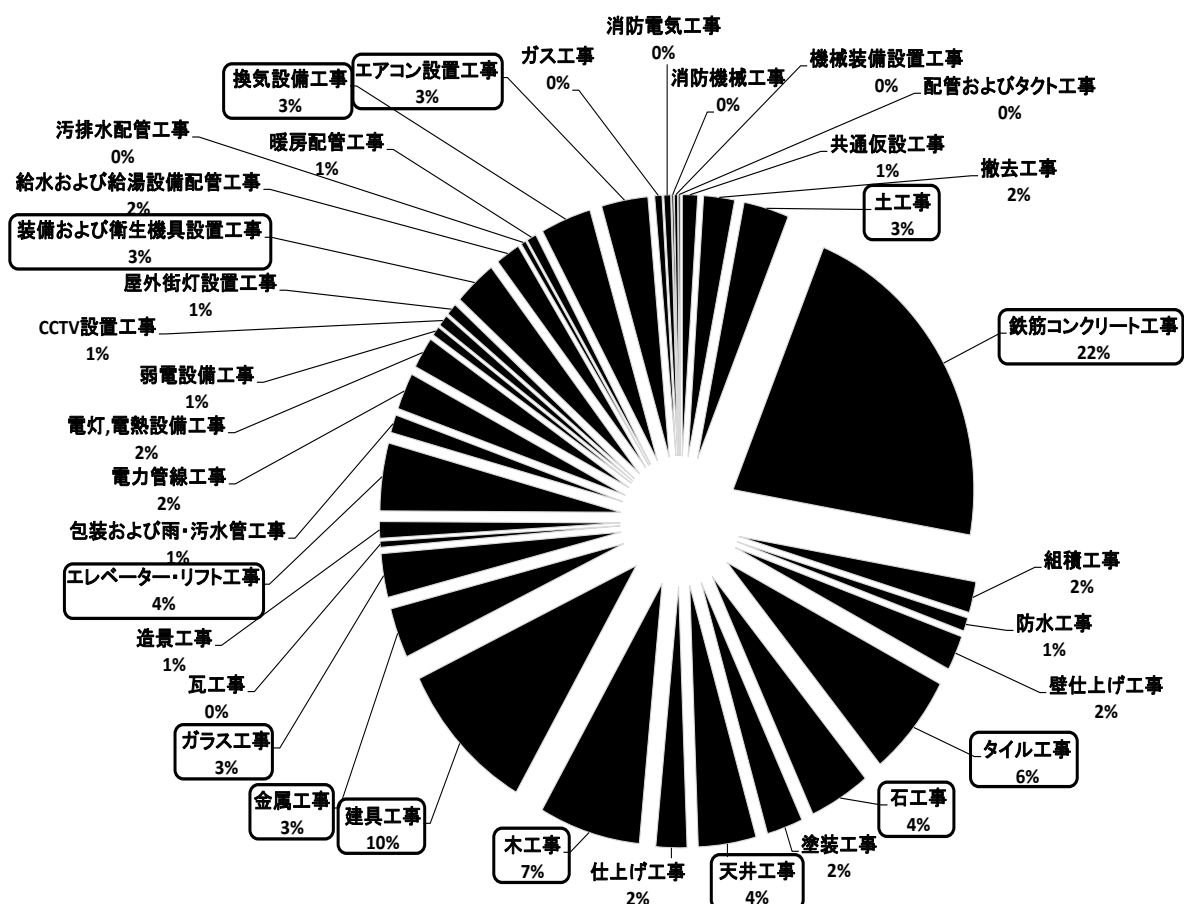


図. 2. 3. 2 工事事例の全体の工事費の割合

#### B. 改善対象選定の評価項目に関するアンケート調査

工事段階での改善対象選定のための評価項目として有効な項目を得るために、20 名の技術者にアンケート

アンケート調査<sup>注3)</sup>を行い、その結果を整理した。20名の技術者は、70%以上がCM(Construction Management)およびVEに関する業務に従事し、業務経歴が15年以上の人が60%を占めていた。そして、60%以上が少なくとも建築工事において7回以上のVE活動経験を持ち、米国VE資格であるCVS(Certified Value Specialist)を取得している人が全体の75%を占めていた。

アンケート調査(アンケート対象者に改善工事に必要とされる評価項目を記述式で調査)より、評価項目として14項目が挙げられたが、その内、4項目(“発注者要求の反映性”、“他工事への問題発生への低減性”、“投入人数の適切性”、“環境への配慮性”)の各記述数は1(即ち、複数の人が回答していない)であるため、除去することとした。その結果、表.2.3.2に示すように10個の評価項目を採用した。ただし、評価項目の名はアンケート調査により、記述のぶれを1項目にまとめるために記述数の多い評価項目とした(表.2.3.2)。

1) 業務分野

アンケート調査対象者の業務分野は、ほとんどCM(Construction Management)およびVEに関連(70%)がある業務で働いていた(図.2.3.3)。

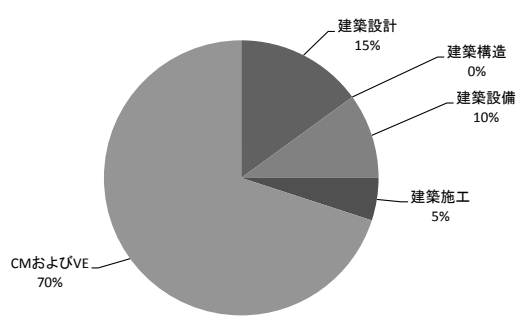


図.2.3.3 業務分野

2) 業務経歴

アンケート調査対象者の業務経歴は、15年以上が60%を占めていた。経歴が長い順として7年以上の累積値は70%であった(図.2.3.4)。

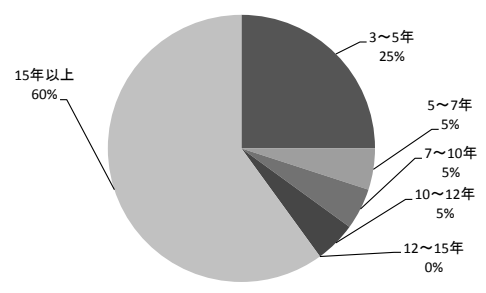


図.2.3.4 業務経歴

3) VE 業務参加回数

アンケート調査対象者のVE業務参加回数は、60%以上が少なくとも7回以上のVEチームでのVE業務の経験を持っており、経験がない調査対象者はいなかった(図.2.3.5)。

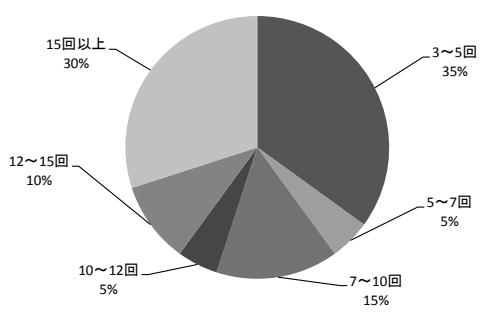


図.2.3.5 VE業務参加回数

4) VE 関連資格

アンケート調査対象者のVE関連資格は、米国VE資格であるCVS(Certified Value Specialist)を取得しているのが全体の75%を占めている(図.2.3.6)。

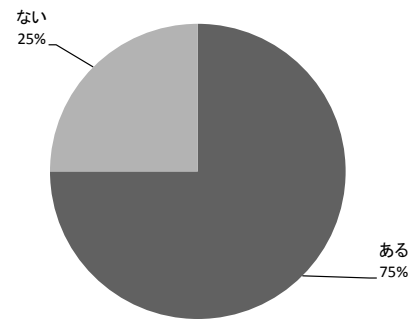


図.2.3.6 VE関連資格

表. 2. 3. 2 評価項目とその内容

評価項目	内容	アンケートの自由記述の評価項目 (( ):記述数)	考慮すべき項目の記述数	採用(O)
コストダウン可能性	既存よりコスト低減の余地が高い項目	コストダウン可能性(3)、費用節減(1)、コストダウン(1)	5(8.8%)	0
機能向上性	機能のアップ可能性が高い項目	機能向上性(8)、機能向上(2)	10(17.5%)	0
施工向上性	工夫により施工のしやすくなる可能性が高い項目	施工向上性(4)、機能向上(1)	5(8.8%)	0
維持管理低減性	建物のLCCに影響を及ぼす可能性が高い項目	維持管理低減性(7)、LCC(4)、維持管理性(3)	14(24.6%)	0
工法適正性	工法の選定により、工事に影響となる可能性が高い項目	工法適正性(3)	3(5.3%)	0
構造的な安全性	改善することにより、安全性が高まる項目	構造的な安全性(2)、安全性(1)	3(5.3%)	0
品質向上性	品質向上の余地が高い項目	品質向上性(2)、品質向上(1)	3(5.3%)	0
工期短縮性	工事における工期の短縮の可能性が高い項目	工期短縮性(2)、工期短縮(1)	3(5.3%)	0
材料節減性	工事における材料の節減の可能性が高い項目	材料節減性(3)	3(5.3%)	0
改善可能性	アイデア発想により改善できる可能性が高い項目	改善可能性(4)	4(7.0%)	0
発注者要求の反映性	工事における発注者要求の反映の可能性が高い項目	発注者要求の反映性(1)	1(1.8%)	
他工事への問題発生時の低減性	工事を行う際、他工事に問題が起こることを阻止する可能性が高い項目	他工事への問題発生時の低減性(1)	1(1.8%)	
投入人数の適切性	工事に対する追加工事費の低減の可能性が高い項目	投入人数の適切性(1)	1(1.8%)	
環境への配慮性	工事に対していかに環境の守りの可能性が高い項目	環境への配慮性(1)	1(1.8%)	
合計			57(100%)	10項目

C. 各工事に対する評価および評価項目間の相関係数

表. 2. 3. 3 に示すように、選ばれた各工事(36個の工事中13個の工事)に対して機能定義を行い、これらの各工事の機能定義について評価項目を基に技術者2名(2名を一つのチームとし、評価を行った)により9点尺度で評価点(9点に近いほどVE効果が高く、1点に近いほど改善効果が低い)を与え、基礎データを作成した(表2.3.3)。

表. 2. 3. 3 評価項目による各工事の点数付けおよび順位(平均得点)

工事名	機能定義	評価項目	コストダウン可能性	機能向上性	施工向上性	維持管理低減性	工法適正性	構造的な安全性	品質向上性	工期短縮性	材料節減性	改善可能性	平均得点	順位
	敷地を整理する	9	1	5	5	4	5	1	8	1	1	4.00	23	
鉄筋コンクリート工事	躯体を形成する	8	2	5	2	5	8	8	9	6	6	5.90	8	
	強度を確保する	8	5	8	2	2	7	8	2	8	8	5.80	9	
タイル工事	見えをよくする	2	5	2	8	2	2	5	2	2	2	3.20	26	
	表面をカバーする	2	5	2	5	2	2	5	2	2	2	2.90	29	
石工事	見えをよくする	5	8	2	2	2	2	5	2	2	2	3.20	26	
	高級感を与える	8	8	2	2	5	2	5	2	2	5	4.10	22	
	強度を確保する	7	7	6	2	2	2	5	2	2	5	4.00	23	
天井工事	照明機器を支える	6	5	5	5	5	7	6	5	5	6	5.50	12	
	換気設備を支える	6	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5.00	14	
	高さを調節する	7	6	5	6	5	5	5	5	5	5	5.40	13	
木工事	見えをよくする	2	2	2	2	2	2	5	2	2	2	2.30	33	
	形を支える	5	5	2	5	2	3	3	3	2	1	3.10	28	
建具工事	出入口を形成する	6	8	6	7	6	6	8	5	4	6	6.20	3	
	風通しをつくる	6	8	6	5	5	5	6	5	5	6	5.70	11	
	日照環境をよくする	7	8	6	8	5	5	6	5	5	7	6.20	3	
金属工事	安全を確保する	3	6	4	5	3	5	7	5	2	3	4.30	19	
	空気空間をつくる	3	6	4	5	3	5	7	5	2	3	4.30	19	
	ものを支える	6	6	5	5	5	5	7	5	2	3	4.90	15	
ガラス工事	温度を維持する	6	8	7	8	5	8	7	6	6	5	6.60	2	
	騒音を遮断する	6	8	7	8	7	6	8	5	5	7	6.70	1	
	日照環境をつくる	6	8	6	8	5	6	6	5	5	7	6.20	3	
エレベーター・リフト工事	上下層をつなげる	8	6	5	5	5	7	7	5	7	7	6.20	3	
	移動の利便性を提供する	5	6	5	5	5	5	5	2	2	2	4.20	21	
	ものを運ぶ	8	6	5	5	5	5	7	5	7	7	6.00	7	
装備・衛生機構設置工事	はやいサービスを提供する	2	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2.40	30	
	温水を供給する	2	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2.40	30	
	生理的な要求を解決する	2	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2.40	30	
換気設備工事	空間の快適さを与える	5	6	5	8	2	3	3	2	5	7	4.60	16	
	煙を処理する	5	6	5	8	2	5	3	2	2	8	4.60	16	
エアコン設置工事	空間の快適さを維持する	5	6	5	8	2	3	2	2	2	2	3.70	25	
	温度を維持する	6	6	5	5	5	5	7	5	7	7	5.80	9	

9点尺度	
1点	非常に改善効果が低い
3点	改善効果が低い
5点	普通
7点	改善効果が高い
9点	非常に改善効果が高い
2、4、6、8点は中間	

14 個の評価項目の内、採用された 10 個の評価項目に関して表. 2. 3. 2 のアンケート調査による記述数の割合は、評価項目の選定の目的であり、本工事事例は制約条件がないこととし、そのため評価項目に対して重み付けはしないこととした。

表. 2. 3. 4 評価項目間の相関係数

	品質向上性	材料節減性	改善可能性	コストダウン可能性	施工向上性	構造的な安全性	工期短縮性	工法適正性	機能向上性	維持管理低減性
品質向上性	1.00	0.64	0.57	0.24	0.43	0.49	0.30	0.42	0.44	0.09
材料節減性		1.00	0.81	0.50	0.61	0.56	0.33	0.39	0.26	0.19
改善可能性			1.00	0.52	0.66	0.48	0.18	0.35	0.46	0.32
コストダウン可能性				1.00	0.60	0.59	0.55	0.59	0.25	-0.01
施工向上性					1.00	0.71	0.43	0.50	0.36	0.34
構造的な安全性						1.00	0.76	0.70	0.16	0.16
工期短縮性							1.00	0.71	-0.07	0.09
工法適正性								1.00	0.36	0.17
機能向上性									1.00	0.43
維持管理低減性										1.00

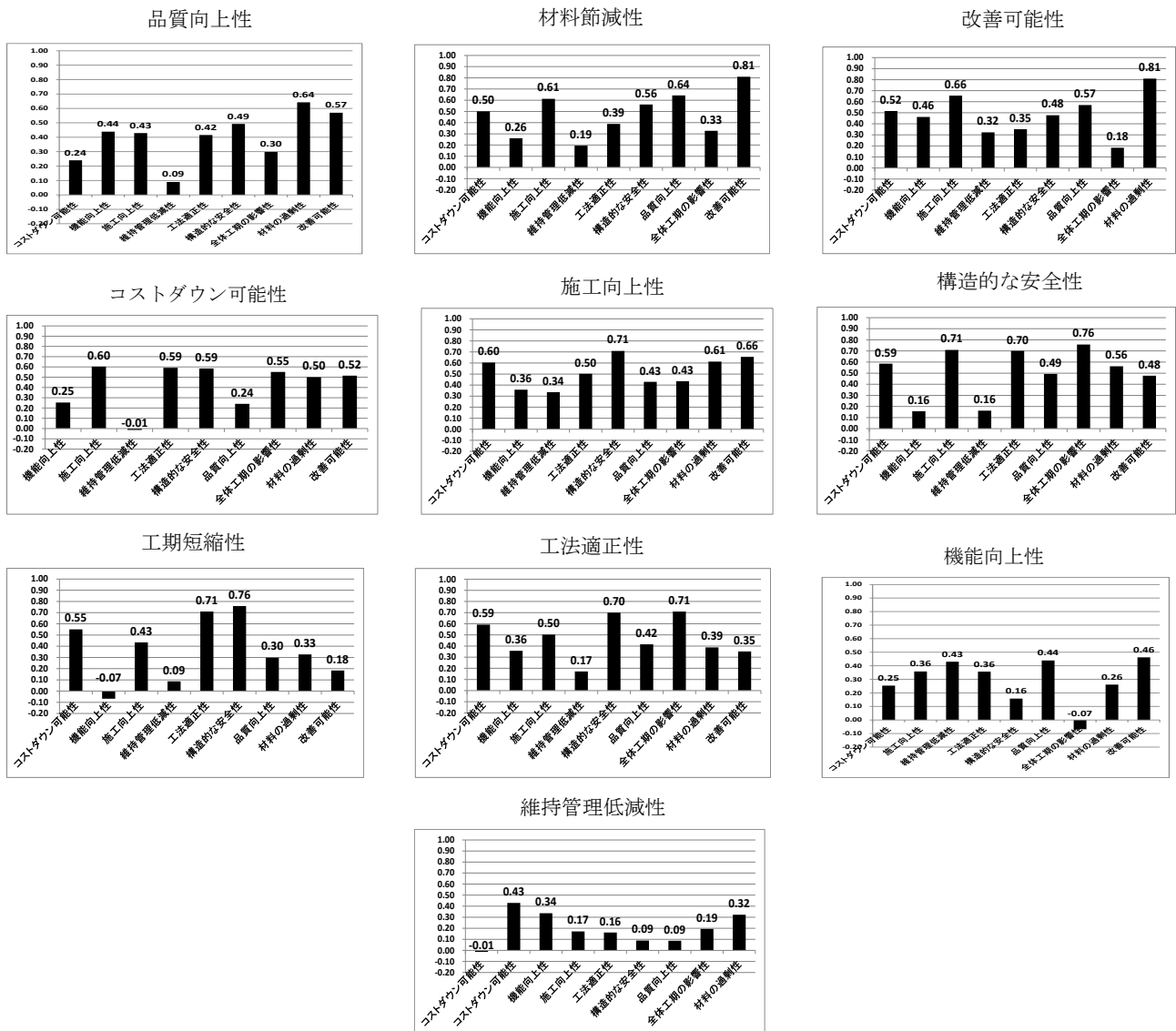


図. 2. 3. 7 各評価項目の相関係数図

表. 2. 3. 3 の各工事の平均得点(工事の機能定義に対する評価項目の得点の合計値を 10 で割った得点)の順位から上位 3 位までを改善対象とする場合、「ガラス工事」(騒音を遮断する(1 位(6. 70))、温度を維持する(2 位(6. 60))、日照環境をつくる(3 位(6. 20))、「建具工事」(出入り口を形成する(3 位(6. 20))、日照環境をよくする(3 位(6. 20))、「エレベータ・リフト工事」(上下層をつなげる(3 位(6. 20))が選ばれる。3 つの工事とその 6 つの機能が改善対象として選定された。以上が平均得点を用いて改善対象選定を行った場合である。しかし、評価項目間の相関関係を調べてみると表. 2. 3. 4 となり、この相関係数から評価項目間の相関関係があることが分かり、図. 2. 3. 7 は評価項目毎の相関係数を図としたものである。表. 2. 3. 4 に示す如く、“材料節減性と改善可能性”が強い相関(0. 81)で、次は、“構造的な安全性と工期短縮性”が強い相関(0. 76)で、次は、“構造的な安全性と施工向上性”が強い相関(0. 71)であった。また、図. 2. 3. 7 から、“品質向上性”、“コストダウン可能性”、“機能向上性”、“維持管理低減性”の評価項目の以外は、それぞれ 0. 7 以上の相関関係がある評価項目が存在し、このように相関関係のある評価項目がある場合には、主成分分析を用いて評価する方が適切であると考えられる。

### 2. 3. 2. 工事事例における本手法の結果

工事事例に対する各評価項目により評価された表. 2. 3. 3 のデータの基に主成分分析を行った。

#### A. 因子のスクリープロットおよび分散の合計

主成分分析により、図. 2. 3. 8 に示す因子のスクリープロットを得た。そして、固有値が 1 以上の主成分を選定することとし、10 個の評価項目に対して成分 3 まで採用した。

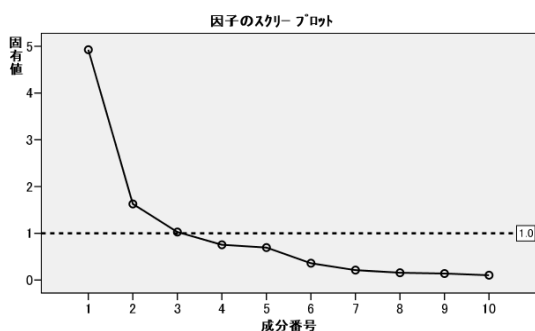


図. 2. 3. 8 因子のスクリープロット

また、成分 3 までの累積寄与率は、表. 2. 3. 5 に示す如く、成分 1 は 49. 26%、成分 2 まででは 65. 54%、成分 3 まででは 75. 82%であった。即ち、基礎データの 75. 82%の情報を説明ができることを示している。

表. 2. 3. 5 説明された分散の合計

成分	初期の固有値			抽出後の負荷量平方和		
	合計	分散の %	累積 %	合計	分散の %	累積 %
1	4.926	49.264	49.264	4.926	49.264	49.264
2	1.628	16.279	65.543	1.628	16.279	65.543
3	1.028	10.276	75.819	1.028	10.276	75.819
4	.754	7.539	83.359			
5	.695	6.951	90.310			
6	.359	3.595	93.904			
7	.212	2.118	96.022			
8	.156	1.564	97.586			
9	.139	1.387	98.973			
10	.103	1.027	100.000			

因子抽出法: 主成分分析

B. 主成分負荷量と各成分名

表. 2. 3. 6 は、主成分分析における主成分負荷量を示す。この負荷量は基礎データと各主成分との相関係数である。

表. 2. 3. 6 の主成分負荷量を基にして図. 2. 3. 9 の主成分負荷量のプロットを作成した。表. 2. 3. 6 と図. 2. 3. 9 に示すように、成分1の特徴は、すべてが正の向きで、工事において評価項目をバランスよく取る意味合いで“工事の最適性”と成分名をつけた。そして、成分2の特徴は、成分2の正の負荷量と成分3の正の負荷量の所であるAグループの“維持管理低減性”、“機能向上性”を考慮しながら、特に、Cグループの内、“品質向上性”、“材料節減性”、改善可能性”を考慮する意味合いで“材料の適切性”と成分名をつけた。また、成分3の特徴も同じく、成分2の正の負荷量と成分3の正の負荷量の所であるAグループの“維持管理低減性”、“機能向上性”を考慮しながら、特に、Bグループの内、“工期短縮性”、“構造的な安全性”、“工法適正性”を考慮する意味合いで、“作業の適切性”と成分名をつけた(表. 2. 3. 7)。

表. 2. 3. 6 主成分負荷量

評価項目	成分1	成分2	成分3
コストダウン可能性	0.73	-0.28	-0.05
機能向上性	0.47	0.63	0.27
施工向上性	0.83	0.06	0.05
維持管理低減性	0.32	0.51	0.66
工法適正性	0.76	-0.31	0.30
構造的な安全性	0.84	-0.34	0.06
品質向上性	0.67	0.24	-0.35
工期短縮性	0.65	-0.64	0.22
材料節減性	0.79	0.20	-0.41
改善可能性	0.78	0.41	-0.27

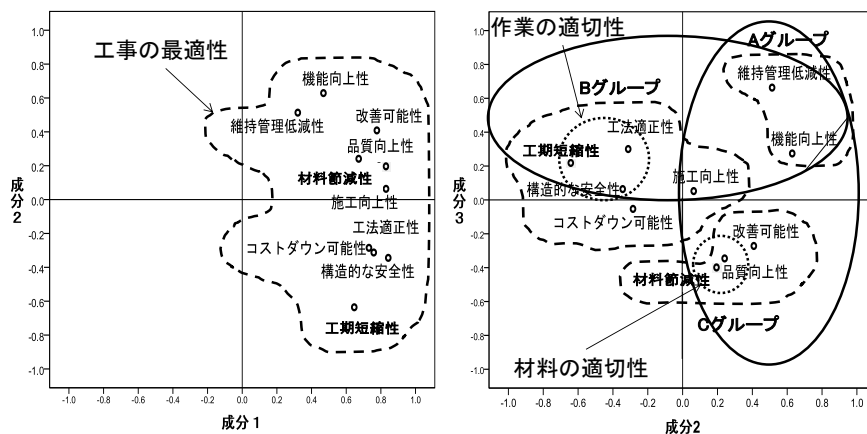


図. 2. 3. 9 主成分負荷量のプロット

表. 2. 3. 7 成分名

成分番号	成分名
成分1	工事の最適性
成分2	材料の適切性
成分3	作業の適切性

### C. 各工事の主成分得点

表 2.3.8 は、アンケート調査から得られた 10 個の評価項目を 3 つの成分としてまとめ、工事に対する成分毎の主成分得点を示す。

表. 2.3.8 主成分得点

工事名	機能定義	成分1	成分2	成分3
土工事	空間を確保する	0.17	-2.78	1.45
	敷地を整理する	-0.33	-2.92	1.40
鉄筋コンクリート工事	躯体を形成する	1.18	-2.34	-1.71
	強度を確保する	1.11	0.50	-3.13
タイル工事	見栄えをよくする	-1.26	1.02	0.82
	表面をカバーする	-1.35	0.59	-0.07
石工事	見栄えをよくする	-1.08	0.50	-0.61
	高級感を与える	-0.39	0.23	-0.50
	強度を確保する	-0.37	0.55	-1.01
天井工事	照明機器を支える	0.71	-0.45	-0.28
	換気設備を支える	0.32	-0.33	-0.08
	高さを調節する	0.56	-0.17	0.36
木工事	見栄えをよくする	-1.59	-0.45	-1.37
	形を支える	-1.20	-0.23	0.46
建具工事	出入り口を形成する	1.10	0.54	0.75
	風通しをつくる	0.80	0.38	0.11
	日照環境をよくする	1.02	0.83	0.86
金属工事	安全を確保する	-0.27	-0.01	0.24
	空気空間をつくる	-0.27	-0.01	0.24
	ものを支える	0.23	-0.46	0.55
ガラス工事	温度を維持する	1.39	0.35	0.97
	騒音を遮断する	1.47	0.76	0.95
	日照環境をつくる	1.04	0.81	0.92
エレベーター・リフト工事	上下層をつなげる	1.20	-0.12	-0.86
	移動の利便性を提供する	-0.25	-0.05	0.71
	ものを運ぶ	1.03	0.09	-0.93
	はやいサービスを提供する	-1.55	-0.23	-0.55
装備・衛生機構設置工事	温水を供給する	-1.55	-0.23	-0.55
	生理的な要求を解決する	-1.55	-0.23	-0.55
換気設備工事	空間の快適さを与える	-0.18	1.49	0.21
	煙を処理する	-0.18	1.22	0.75
エアコン設置工事	空間の快適さを維持する	-0.83	0.89	1.33
	温度を維持する	0.89	0.25	-0.88

### 2.3.3. 平均得点と本手法による改善対象の順位比較

主成分得点により、分析毎の改善対象を選定し、その結果と平均得点での改善対象と比較することとした。まず、主成分得点による分析毎の結果は下記の A から C までに示した。そして、表. 2.3.9 から表. 2.3.11 に成分毎の主成分得点の順位と平均得点の順位を比較を行った。また、分析毎の改善対象の順位を比較については下記の D に示した。

#### A. 成分1つで改善対象を選定する場合（分析1）

ここでは、1つの成分の観点から改善対象を選定する。表. 2.3.8 に基づく、成分1の“工事の最適性”の観点で、-0.20以上の主成分得点とした場合、18個(18/33)の改善対象が選定された(図. 2.3.10)。



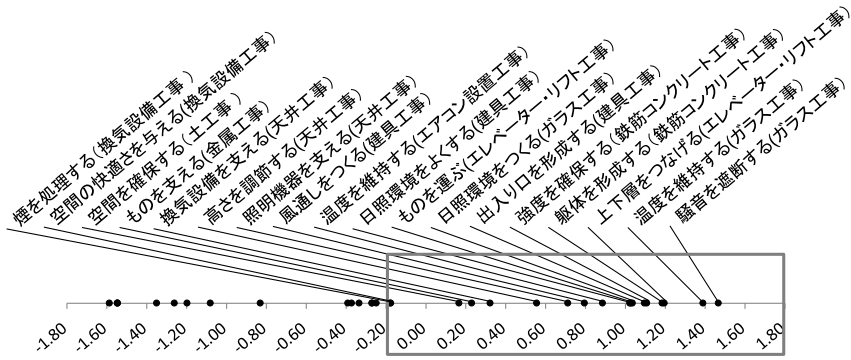


図. 2. 3. 10 主成分1(工事の最適性)の主成分得点

成分2の“材料の適切性”の観点で、 $-0.20$ 以上の主成分得点とした場合、22個(22/33)の改善対象が選定された(図. 2. 3. 11)。

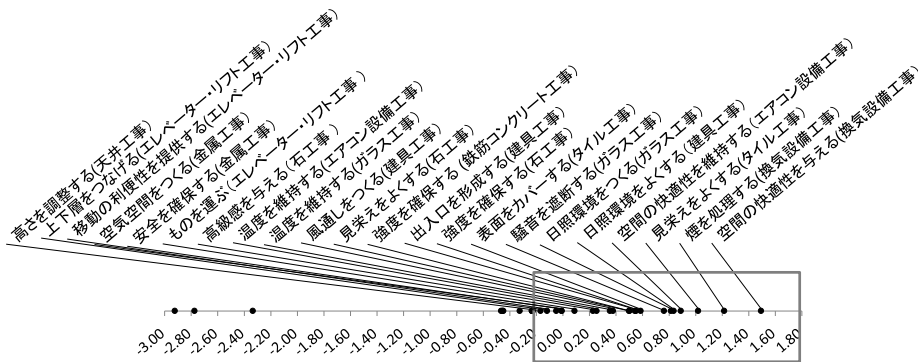


図. 2. 3. 11 主成分2(材料の適切性)の主成分得点

成分3の“作業の適切性”の観点で、 $-0.20$ 以上の主成分得点とした場合、20個(20/33)の改善対象が選定された(図. 2. 3. 12)。

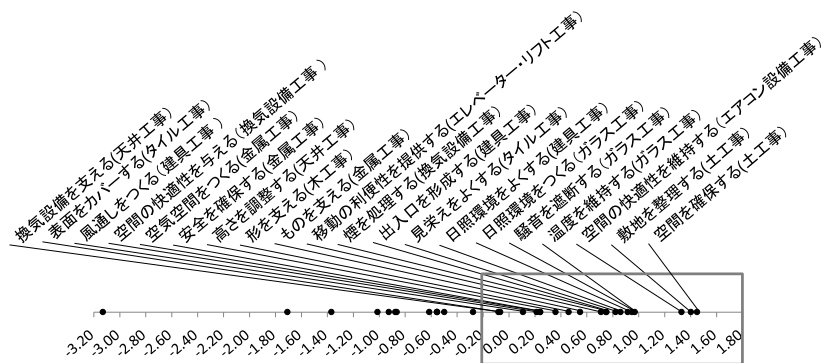


図. 2. 3. 12 主成分3(作業の適切性)の主成分得点

表. 2. 3. 3 の平均得点による改善対象選定の場合、上位からガラス工事と建具工事が選定され、表. 2. 3. 8 の主成分分析による改善対象選定の場合、“工事の最適性”からは、ガラス工事とエレベーター・リフト工事が、“材料の適切性”からは、換気設備工事とタイル工事が、そして、“作業の適切性”からは、土工事とエアコン設置工事が改善対象として選定される。特に、表. 2. 3. 8 の平均得点と主成分得点とを比較すると、平均得点では、16位(4.60)の換気設備工事と18位(4.50)の土工事が“材料の適

切性(成分2)”と“作業の適切性(成分3)”の観点からの判断では、それぞれ1位にランクされている。

表. 2.3.8に示す如く、上位3位までに、成分1ではガラス、エレベーター・リフト、鉄筋コンクリート工事が、成分2では換気設備、タイル、エアコン設置工事が、成分3では土工事、エアコン設置、ガラス工事が選ばれた。筆者は、この工事について工事技術者として従事したが、工事の進捗を考えると鉄筋コンクリート工事は是非とも改善対象とするべき工事であった。また、材料的な観点からタイル工事はタイルの選定、換気やエアコンは設備機器の選定等においてVE効果が期待できる部分である。また、土工事は建築物の基礎部となり、改善対象として考える必要のある工事と云える。ガラス工事については、換気設備やエアコン設置工事につながり、冷暖房の効率性のため、VE効果が期待される。

表. 2.3.9 主成分得点と平均得点の改善対象順位の比較1

成分	工事	機能定義	主成分得点	順位	平均得点(順位)
成分1 (工事の最適性)	ガラス工事	騒音を遮断する	1.47	1	6.70 (1)
		温度を維持する	1.39	2	6.60 (2)
	エレベーター・リフト工事	上下層をつなげる	1.20	3	6.20 (3)
	鉄筋コンクリート工事	躯体を形成する	1.18	4	5.90 (8)
		強度を確保する	1.11	5	5.80 (9)
	建具工事	出入り口を形成する	1.10	6	6.20 (3)
	ガラス工事	日照環境をつくる	1.04	7	6.20 (3)
	エレベーター・リフト工事	ものを運ぶ	1.03	8	6.00 (7)
	建具工事	日照環境をよくする	1.02	9	6.20 (3)
	エアコン設置工事	温度を維持する	0.89	10	5.80 (9)
	建具工事	風通しをつくる	0.80	11	5.70 (11)
	天井工事	照明機器を支える	0.71	12	5.50 (12)
		高さを調整する	0.56	13	5.40 (13)
		換気設備を支える	0.32	14	5.00 (14)
	金属工事	ものを支える	0.23	15	4.90 (15)
	土工事	空間を確保する	0.17	16	4.50 (18)
	換気設備工事	空間の快適さを与える	-0.18	17	4.60 (16)
		煙を処理する	-0.18	17	4.60 (16)
	成分2 (材料の適切性)	換気設備工事	空間の快適さを与える	1.49	1
煙を処理する			1.22	2	4.60 (16)
タイル工事		見栄えをよくする	1.02	3	3.20 (26)
エアコン設置工事		空間の快適さを維持する	0.89	4	3.70 (25)
建具工事		日照環境をよくする	0.83	5	6.20 (3)
ガラス工事		日照環境をつくる	0.81	6	6.20 (3)
		騒音を遮断する	0.76	7	6.70 (1)
タイル工事		表面をカバーする	0.59	8	2.90 (29)
石工事		強度を確保する	0.55	9	4.00 (23)
建具工事		出入り口を形成する	0.54	10	6.20 (3)
鉄筋コンクリート工事		強度を確保する	0.50	11	5.80 (9)
石工事		見栄えをよくする	0.50	11	3.20 (26)
建具工事		風通しをつくる	0.38	13	5.70 (11)
ガラス工事		温度を維持する	0.35	14	6.60 (2)
エアコン設置工事		温度を維持する	0.25	15	5.80 (9)
石工事		高級感を与える	0.23	16	4.10 (22)
エレベーター・リフト工事		ものを運ぶ	0.09	17	6.00 (7)
金属工事		安全を確保する	-0.01	18	4.30 (19)
		空気空間をつくる	-0.01	18	4.30 (19)
エレベーター・リフト工事		移動の利便性を提供する	-0.05	20	4.20 (21)
		上下層をつなげる	-0.12	21	6.20 (3)
成分3 (作業の適切性)	土工事	空間を確保する	1.45	1	4.50 (18)
		敷地を整理する	1.40	2	4.00 (23)
	エアコン設置工事	空間の快適さを維持する	1.33	3	3.70 (25)
	ガラス工事	温度を維持する	0.97	4	6.60 (2)
		騒音を遮断する	0.95	5	6.70 (1)
	建具工事	日照環境をつくる	0.92	6	6.20 (3)
	建具工事	日照環境をよくする	0.85	7	6.20 (3)
	タイル工事	見栄えをよくする	0.82	8	3.20 (26)
	建具工事	出入り口を形成する	0.75	9	6.20 (3)
	換気設備工事	煙を処理する	0.75	9	4.60 (16)
	エレベーター・リフト工事	移動の利便性を提供する	0.71	11	4.20 (21)
	金属工事	ものを支える	0.55	12	4.90 (15)
	木工事	形を支える	0.46	13	3.10 (28)
	天井工事	高さを調整する	0.36	14	5.40 (13)
	金属工事	安全を確保する	0.24	15	4.30 (19)
		空気空間をつくる	0.24	15	4.30 (19)
	換気設備工事	空間の快適さを与える	0.21	17	4.60 (16)
	建具工事	風通しをつくる	0.11	18	5.70 (11)
	タイル工事	表面をカバーする	-0.07	19	2.90 (29)
	天井工事	換気設備を支える	-0.08	20	5.00 (14)

B. 成分2つで改善対象を選定する場合（分析2）

まず、“工事の最適性(成分1)”と“材料の適切性(成分2)”からは、13個の改善対象を選定された。

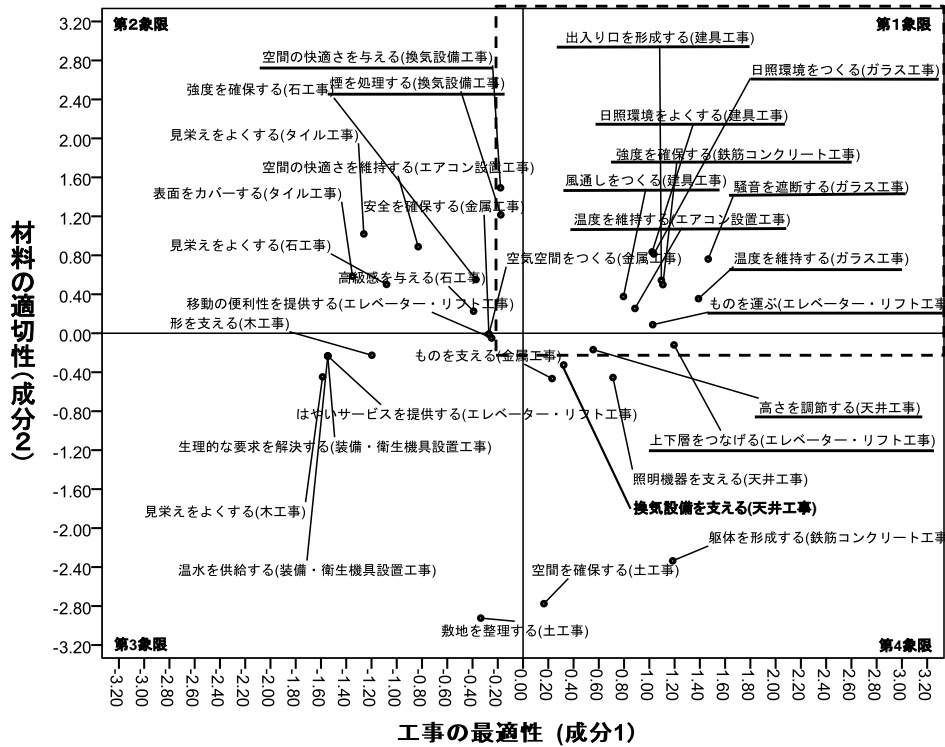


図. 2. 3. 14 “工事の最適性”と“材料の適切性”の主成分得点

“材料の適切性(成分2)”と“作業の適切性(成分3)”からは、15個の改善対象を選定された。

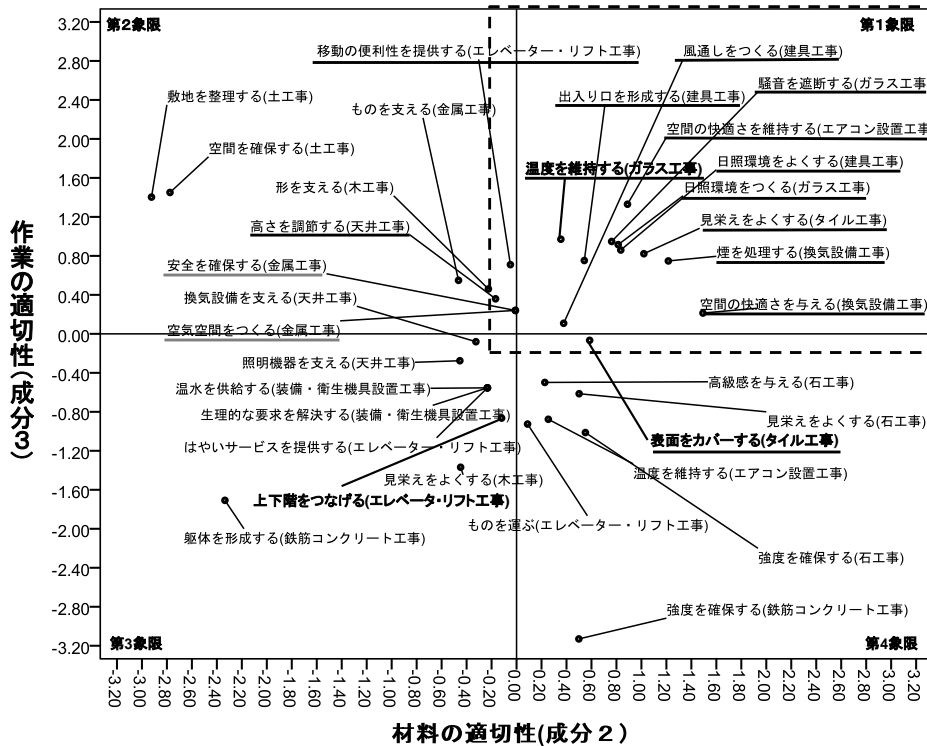


図. 2. 3. 15 “材料の適切性”と“作業の適切性”の主成分得点

“工事の最適性(成分1)”と“作業の適切性(成分3)”からは、12個の改善対象が選定された。

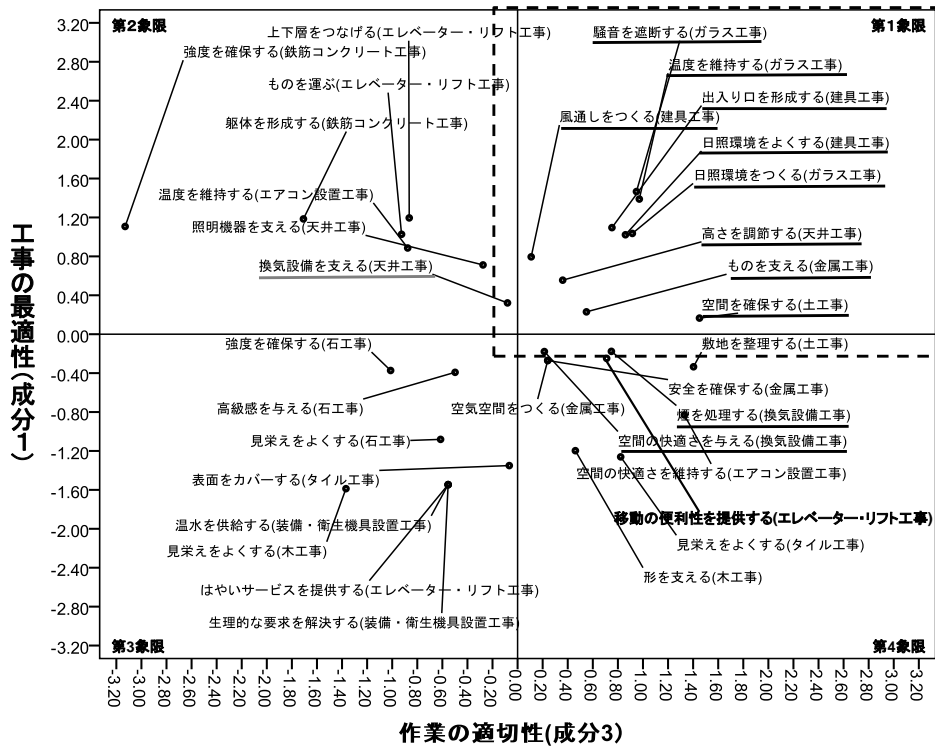


図. 2. 3. 16 “工事の最適性”と“作業の適切性”の主成分得点

表. 2. 3. 10 主成分得点座標の幾何平均値と平均得点の改善対象順位の比較 2

成分	工事	機能定義	主成分得点座標の幾何平均値	順位	平均得点
成分1と成分2 「工事の最適性」と 「材料の適切性」	ガラス工事	騒音を遮断する	1.27	1	6.70 (1)
		日照環境をつくる	1.12	2	6.20 (3)
	建具工事	日照環境をよくする	1.12	2	6.20 (3)
		出入口を形成する	0.96	4	6.20 (3)
	鉄筋コンクリート工事	強度を確保する	0.96	4	5.80 (9)
	ガラス工事	温度を維持する	0.94	6	6.60 (2)
	建具工事	風通しをつくる	0.76	7	5.70 (11)
	エアコン設置工事	温度を維持する	0.70	8	5.80 (9)
	エレベーター・リフト工事	ものを運ぶ	0.60	9	6.00 (7)
	換気設備工事	空間の快適さを与える	0.18	10	4.60 (16)
	天井工事	高さを調整する	0.15	11	5.40 (13)
	エレベーター・リフト工事	上下層をつなげる	0.11	12	6.20 (3)
	換気設備工事	煙を処理する	0.03	13	4.60 (16)
成分2と成分3 「材料の適切性」と 「作業の適切性」	エアコン設置工事	空間の快適さを維持する	1.29	1	3.70 (25)
	換気設備工事	煙を処理する	1.16	2	4.60 (16)
	タイル工事	見栄えをよくする	1.12	3	3.20 (26)
	ガラス工事	日照環境をつくる	1.06	4	6.20 (3)
		騒音を遮断する	1.05	5	6.70 (1)
	建具工事	日照環境をよくする	1.04	6	6.20 (3)
		出入口を形成する	0.84	7	6.20 (3)
	換気設備工事	空間の快適さを与える	0.83	8	4.60 (16)
	ガラス工事	温度を維持する	0.80	9	6.60 (2)
	建具工事	風通しをつくる	0.42	10	5.70 (11)
	エレベーター・リフト工事	移動の利便性を提供する	0.37	11	4.20 (21)
	タイル工事	表面をカバーする	0.32	12	2.90 (29)
金属工事	安全性を確保する	0.29	13	4.30 (19)	
天井工事	空間をつくる	0.29	13	4.30 (19)	
天井工事	高さを調整する	0.13	15	5.40 (13)	
成分1と成分3 「工事の最適性」と 「作業の適切性」	ガラス工事	騒音を遮断する	1.39	1	6.70 (1)
		温度を維持する	1.35	2	6.60 (2)
		日照環境をつくる	1.18	3	6.20 (3)
	建具工事	日照環境をよくする	1.14	4	6.20 (3)
		出入口を形成する	1.11	5	6.20 (3)
	土工事	空間を確保する	0.78	6	4.50 (18)
	天井工事	高さを調整する	0.65	7	5.40 (13)
	金属工事	ものを支える	0.57	8	4.90 (15)
	建具工事	風通しをつくる	0.56	9	5.70 (11)
	天井工事	換気設備を支える	0.25	10	5.00 (14)
	換気設備工事	煙を処理する	0.14	11	4.60 (16)
		空間の快適さを与える	0.09	12	4.60 (16)

また、表.2.3.10 に示すように、主成分分析による 2 つの成分から改善対象を選定する場合、即ち、“工事の最適性(成分 1)”と“材料の適切性(成分 2)”を両方考慮した場合は、ガラス工場の“騒音を遮断する”、“温度を維持する”、“日照環境をつくる”が改善対象の内、高い順位となった。また、“材料の適切性(成分 2)”と“作業の適切性(成分 3)”を両方考慮した場合は、エアコン設置工場の“空間の快適さを維持する”と換気設備工場の“空間の快適さを与える”、“煙を処理する”が改善対象の内、高い順位となった。そして、成分 1 と成分 3 である“工事の最適性”と“作業の適切性”を両方考慮した場合は、ガラス工場の“騒音を遮断する”、“温度を維持する”と土工場の“空間を確保する”が改善対象の内、高い順位となった。

特に、平均得点と主成分得点の比較により、平均得点では、3 位(6.20)のエレベーター・リフト工事が“工事の最適性(成分 1)と材料の適切性(成分 2)”の観点からの判断では、12 位にランクされた。

また、25 位(3.70)のエアコン設置工事が“材料の適切性(成分 2)”と“作業の適切性(成分 3)”の観点からの判断では、それぞれ 1 位にランクされていることが確認できた。

表.2.3.10 に示す如く、上位 3 位までに、成分 1 と成分 2 ではガラス、建具工事が、成分 2 と成分 3 ではエアコン設置、換気設備、タイル工事が、成分 1 と成分 3 ではガラス工事が選ばれた。筆者の経験から、本事例が商業施設であるため、ガラス工事と建具工事の機能を向上させることによって、意匠と環境面での VE 効果が期待され、又、図.2.3.9 に示す如く、A グループにある評価項目“維持管理低減性”を考え、換気設備の維持と、タイルの選定、エアコンの効率を考慮することによって、運営費用面での VE 効果が期待できる。なお、ガラス工事に関しては、ガラスの選定により、騒音遮断、温度維持、日照環境などの室内空間での快適さに対する VE 効果が大きい改善対象である。

### C. 成分 3 つで改善対象を選定する場合 (分析 3)

3 つの成分が存在する 3 次元空間での座標として示すと、表.2.3.8 の主成分得点から改善対象となる工事は図.2.3.17 に示すように、灰色で表示した空間内に入っている 9 つの工事であった。これを基に主成分得点座標までの幾何平均を求め、平均得点と比較した表が表.2.3.11 である。

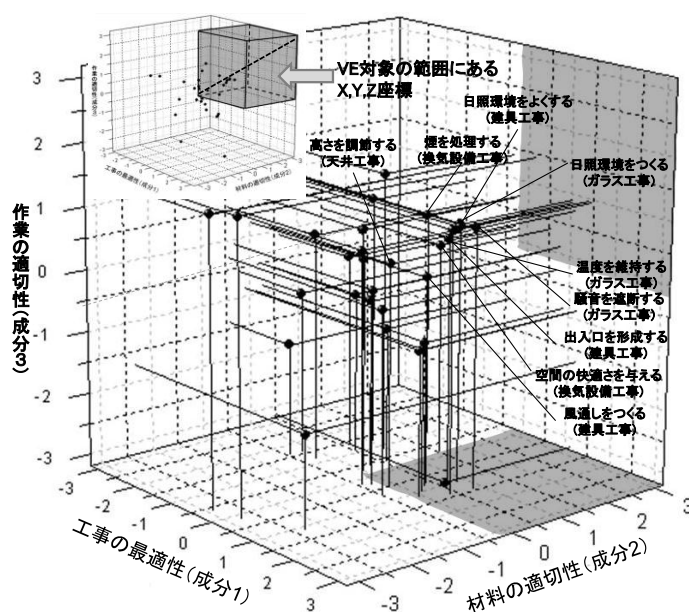


図.2.3.17 3つの成分の主成分得点

表. 2. 3. 11 主成分得点座標の幾何平均値と平均得点の改善対象順位と比較 3

成分	工事	機能定義	主成分得点座標 の幾何平均値	順位	平均得点
成分 1 と成分 2 と 成分 3	建具工事	日照環境をよくする	1.67	1	6.20 (3)
	ガラス工事	騒音を遮断する	1.31	2	6.70 (1)
		日照環境をつくる	1.22	3	6.20 (3)
「工事の最適性」 と	建具工事	出入口を形成する	0.77	4	6.20 (3)
	ガラス工事	温度を維持する	0.75	5	6.60 (2)
「材料の適切性」 と	換気設備工事	煙を処理する	0.37	6	4.60 (16)
		空間の快適さを与える	0.19	7	4.60 (16)
「作業の適切性」	建具工事	風通しをつくる	0.18	8	5.70 (11)
	天井工事	高さを調節する	0.02	9	5.40 (13)

主成分得点座標の幾何平均と平均得点による改善対象の順位を比較して見ると、表. 2. 3. 11 に示すように、順位が離れていることが分かる。しかし、平均得点では 16 位にランクされている換気設備工事の“煙を処理する”、“空間の快適さを与える”が、主成分得点座標の幾何平均ではそれぞれ 6 位と 7 位にランクされ、また、平均得点では 11 位 (5.70) にランクされている建具工事の“風通しをつくる”が、主成分得点座標の幾何平均では 8 位にランクされた。また、平均得点では 13 位 (5.40) にランクされている天井工事の“高さを調節する”が、主成分得点座標の幾何平均では 9 位にランクされた。

表. 2. 3. 11 に示す如く、成分 1 と成分 2 と成分 3 すべてを考慮した結果では、上位 3 位までにガラス、建具工事が選ばれた。筆者の経験から、ガラス工事と建具工事は関連性が強く、それらの工事をまとめて改善することによって改善可能金額に対して改善効果が期待できると考えられる。

#### D. 分析方法による順位

上記に各分析により、改善対象選定のための順位を決めた。ここでは、分析 1 から分析 3 まで下記の表. 2. 3. 12 のように各分析での順位が他の分析ではそれぞれ何位に位置しているのかを調べ、それを整理した。ただし、表. 2. 3. 12 では、各分析で上位 6 位までに絞った順位関係を示しているが、1 つの分析で 7 位以下の改善対象となっている工事についても他の分析で 6 位以上にランクされている改善対象については表に示している。

表. 2. 3. 12 に示す改善対象の順位関係から、分析 1 と分析 2 での改善対象となった工事とその機能定義は順位関係では相異が生じた。しかし、分析 3 での改善対象となった 9 つの対象(ガラス工事の“騒音を遮断する”、“温度を維持する”、“日照環境をつくる”と建具工事の“日照環境をよくする”、“出入口を形成する”、“風通しをつくる”と天井工事の“高さを調節する”と換気設備工事の“煙を処理する”、“空間の快適さを与える”)の内、天井工事の“高さを調節する”のみが成分 2 の材料の適切性の改善対象範囲には入らなかったが、他の 8 つの改善対象はすべての分析に順位が入っていた。このことから分析 3 である 3 つの成分すべてで改善対象を選定する場合には、分析 1 と分析 2 での改善対象となった工事とその機能定義がほぼ含まれていることが分かる。

以上の結果から、すべての分析によって平均得点では下位にランクされた工事が、主成分分析での各分析によって上位にランクされる工事が存在することが確認できた。即ち、平均得点による評価では下位にランクされている工事でも、本手法を用いて分析方法毎に改善対象を選定することによって、ある観点からは上位にランクされ、改善対象となる工事が生じ、価値を向上させることができると判断できる。

最終的に、改善対象選定の判断は分析により各観点からの順位を検討し、現場の状況を判断しつつ改善対象を選定して改善し、価値を向上させる。このように、多面的な観点からの改善対象選定ができ、

それによって改善対象選定において様々な状況に対応できる改善対象選定手法として有効性を示した。

表. 2. 3. 12 本手法による3つの分析の順位関係(上位6位内の改善対象)

分析手法		分析2 (成分2つで改善対象選定の場合)			分析3 (成分3つで改善対象選定の場合)	
		成分1と成分2 (工事の最速性と材料の適切性)	成分2と成分3 (材料の適切性と作業の適切性)	成分1と成分3 (工事の最速性と作業の適切性)	成分1と成分2と成分3 (工事の最速性と材料の適切性と作業の適切性)	
(成分1つで改善対象選定の場合)	(工事の最速性)	1位(1.47) ガラス工事 (騒音を遮断する)	1位(1.27)	5位(1.05)	1位(1.39)	2位(1.31)
		2位(1.39) ガラス工事 (温度を維持する)	6位(0.94)	9位(0.80)	2位(1.35)	5位(0.75)
		3位(1.20) エレベーター・リフト工事 (上下層をつなげる)	12位(0.11)	—	—	—
		4位(1.18) 鉄筋コンクリート工事 (躯体を形成する)	—	—	—	—
		5位(1.11) 鉄筋コンクリート工事 (強度を確保する)	4位(0.96)	—	—	—
		6位(1.10) 建具工事 (出入り口を形成する)	4位(0.96)	7位(0.84)	5位(1.11)	4位(0.77)
		7位(1.04) ガラス工事 (日照環境をつくる)	2位(1.12)	4位(1.06)	3位(1.18)	3位(1.22)
		9位(1.02) 建具工事 (日照環境をよくする)	2位(1.12)	6位(1.04)	—	1位(1.67)
		16位(0.17) 土工事 (空間を確保する)	—	—	6位(0.78)	—
		18位(-0.18) 換気設備工事 (煙を処理する)	13位(0.03)	2位(1.16)	11位(0.14)	6位(0.37)
	(材料の適切性)	1位(1.49) 換気設備工事 (空間の快適さを与える)	10位(0.18)	8位(0.83)	12位(-0.77)	7位(0.19)
		2位(1.22) 換気設備工事 (煙を処理する)	13位(0.03)	2位(1.16)	11位(0.14)	6位(0.37)
		3位(1.02) タイル工事 (見栄えをよくする)	—	3位(1.12)	—	—
		4位(0.89) エアコン設置工事 (空間の快適さを維持する)	—	1位(1.29)	—	—
		5位(0.83) 建具工事 (日照環境をよくする)	—	6位(1.04)	4位(1.14)	1位(1.67)
		6位(0.81) ガラス工事 (日照環境をつくる)	2位(1.12)	4位(1.06)	3位(1.18)	3位(1.22)
		7位(0.76) ガラス工事 (騒音を遮断する)	1位(1.27)	5位(1.05)	1位(1.39)	2位(1.31)
		10位(0.54) 建具工事 (出入り口を形成する)	4位(0.96)	7位(0.84)	5位(1.11)	4位(0.77)
		11位(0.50) 鉄筋コンクリート工事 (強度を確保する)	4位(0.96)	—	—	—
		14位(0.35) ガラス工事 (温度を維持する)	6位(0.94)	9位(0.80)	2位(1.35)	5位(0.75)
	(作業の適切性)	1位(1.45) 土工事 (空間を確保する)	—	—	6位(0.78)	—
		2位(1.40) 土工事 (敷地を整理する)	—	—	—	—
		3位(1.33) エアコン設置工事 (空間の快適さを維持する)	—	1位(1.29)	—	—
		4位(0.97) ガラス工事 (温度を維持する)	6位(0.94)	9位(0.80)	2位(1.35)	5位(0.75)
		5位(0.95) ガラス工事 (騒音を遮断する)	1位(1.27)	5位(1.05)	1位(1.39)	2位(1.31)
		6位(0.92) ガラス工事 (日照環境をつくる)	2位(1.12)	4位(1.06)	3位(1.18)	3位(1.22)
		7位(0.85) 建具工事 (日照環境をよくする)	2位(1.12)	6位(1.04)	4位(1.14)	1位(1.67)
		8位(0.82) タイル工事 (見栄えをよくする)	—	3位(1.12)	—	—
		9位(0.75) 建具工事 (出入り口を形成する)	4位(0.96)	7位(0.84)	5位(1.11)	4位(0.77)
		9位(0.75) 換気設備工事 (煙を処理する)	13位(0.03)	2位(1.16)	11位(0.14)	6位(0.37)
(成分3つで改善対象選定の場合)	(工事と作業の適切性と材料の適切性)	1位(1.67) 建具工事 (日照環境をよくする)	2位(1.12)	6位(1.04)	4位(1.14)	
		2位(1.31) ガラス工事 (騒音を遮断する)	1位(1.27)	5位(1.05)	1位(1.39)	
		3位(1.22) ガラス工事 (日照環境をつくる)	2位(1.12)	4位(1.06)	3位(1.18)	
		4位(0.77) 建具工事 (出入り口を形成する)	4位(0.96)	7位(0.84)	5位(1.11)	
		5位(0.75) ガラス工事 (温度を維持する)	6位(0.94)	9位(0.80)	2位(1.35)	
		6位(0.37) 換気設備工事 (煙を処理する)	13位(0.03)	2位(1.16)	11位(0.14)	

## 2.4. 結言

### A. 建築工事における改善対象選定

建築工事における改善対象選定のための評価を行う際、評価項目の数が多くなる場合には、評価項目間の相関性が高くなり、それによって評価項目に対する評価点が類似する問題点が生じることを指摘し、それを解決するために主成分分析を用いた分析方法を示した。

### B. 評価項目に対する主成分分析の分析方法

既往の改善対象選定手法では、一面的な観点から改善対象を選定することが多く、多面的な観点から改善対象選定の必要性を指摘し、本手法による分析毎(分析 1、分析 2、分析 3)の改善対象選定を提案した。

- ①分析 1:1つの成分の観点から改善対象を選定する方法である。1つの成分で順位を決める方法として、正と負の値の内、正の方向に値が大きい順で改善対象の順位を決める。(図. 2. 2. 1 参照)
- ②分析 2:2つの成分の観点から改善対象を選定する方法である。2つの成分で順位を決める方法として、2つの座標の幾何平均を求め、正の方向に値が大きい順で改善対象の順位を決める。(図. 2. 2. 2 参照)
- ③分析 3:3つの成分の観点から改善対象を選定する方法である。3つの成分で順位を決める方法として、3つの座標の幾何平均を求め、正の方向に値が大きい順で改善対象の順位を決める。(図. 2. 2. 3 参照)

また、本手法による分析毎の改善対象と平均得点での改善対象の比較を行った。さらに、分析間の改善対象の比較も行い、改善対象とすべき工事の選定順位を明らかにした。これにより、改善対象を選定する際、一面的な観点からではなく、多面的な観点から現場の状況に合わせて改善対象選定ができることを示した。

### C. 小規模工事における適用

改善対象選定における手法は様々にあるが、建築工事の目的と現場の状況の観点によって適切な改善対象選定手法を選択する必要があると判断される。本研究では、その一つの手法として、主成分分析による改善対象選定手法の方法論を提案した。そして、韓国の釜山にある小規模工事の事例において主成分分析によって改善対象選定を行った結果と実際の工事において検討を行った改善対象選定の結果はほぼ同等であることを述べ、本手法の有用性を示した。



(参照文献)

- 1) J. Jerry Kaufman : VALUE MANAGEMENT、Bawden Printing 、 p10、1998
- 2) 建築設計 VE 実務規準開発研究会 : 建築設計 VE マニュアル、社団法人日本バリュー・エンジニアリング協会、pp55-57、1999. 12
- 3) SAVE International : VALUE STANDARD and BODY OF KNOWLEDGE、p14、2007. 6
- 4) 上野一郎(監修) : VE ハンドブック、(社)日本バリュー・エンジニアリング協会、pp72-77、2007. 12
- 5) 上野一郎(監修) : VE ハンドブック、(社)日本バリュー・エンジニアリング協会、p4、2007. 12

### 第3章 建築工事における作業に関する研究

### 第3章 建築工事における作業に関する研究

#### 3.1. 建築工事における作業

##### 3.1.1. 作業

建築工事における作業とは、一つの工事を完成させるために必要とする行為のまとまりで、即ち、特定の目的を持つ作業の集合体が一つの工事となり、目的がない動きが行為である。また、工事の検討を行うためには、作業を把握する必要がある、さらに、行為の分析も不可欠である。

そこで本研究では、建築工事における作業に対する行為の分類と各行為の方法を体系化し、行為間の連鎖方法を示す。さらに、工事に対する作業の優先順位の設定により、作業の順序関係を明確に示すことを目的とする。表.3.1.1は、工事と作業と行為の定義を示し、図.3.1.1はその概念図である。

表.3.1.1 行為と作業と工事の定義

区分	行為	作業	工事
内容	作業を実施するために必要とする動きの単位	一つの工事を完成させるために必要とする行為のまとまり	建築物を完成させるために必要とする作業のまとまり
分解	移動、運搬、保管、計測、加工、接合、解体	作業=A作業+B作業+…+n作業 A作業=A目的の行為	工事=A工事+B工事+…+n工事 A工事=作業+作業+…+作業

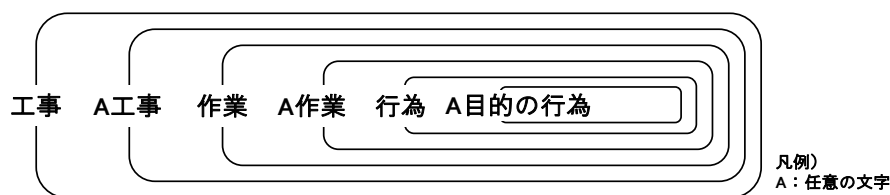


図.3.1.1 行為と作業と工事の関係の概念図

#### A. 行為

建築工事における行為とは、現場での状態(性質、位置など)を直接的に変化させ、目標の価値を最大に引っ張り出すための個々の動きであると考えられる。真鍋は、生産現象を要素に分解して考え、“運搬”、“保管”、“計測”、“加工”、“設置”、“除去”、“接合”、“分解”の8種類の要素的な作業に分解した。

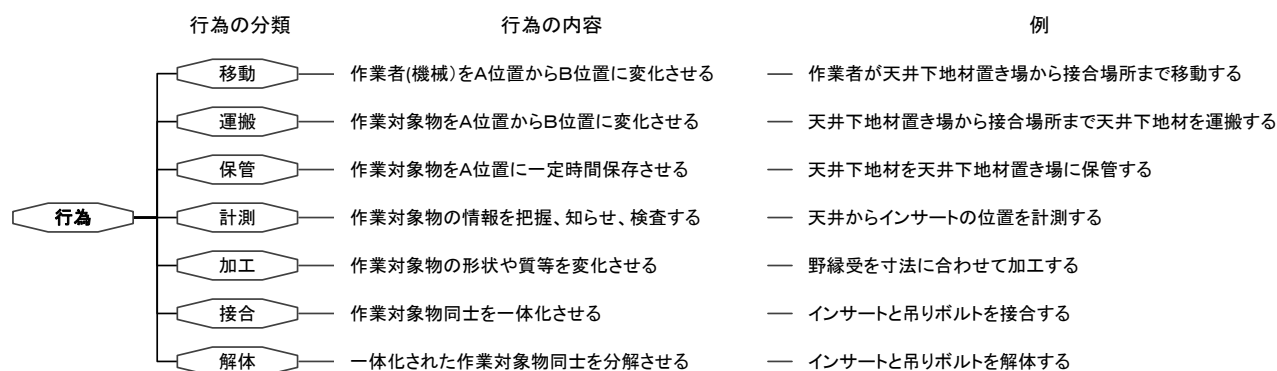


図.3.1.2 行為の分類

しかし、本研究では、作業を行うための行為として“移動”、“運搬”、“保管”、“計測”、“加工”、“接合”、“解体”の7種類として分類し、真鍋<sup>1)</sup>の“設置”の場合は本研究では“運搬”と“接合”に含めることとし、“除去”は“加工”に含めることとし、“分解”は“解体”として扱うこととした。そして、作業者の動きを考慮し、“移動”を追加した。

## B. 行為の方法

行為の方法とは、ある行為を行うためのやり方である。モノとモノを接合するためにその方法としては、例えば、鋸に力を加えて押ししたり、釘を工具で打ち込んだりしてモノとモノを固定する。この場合は、接合行為を行うための1つの方法である。本研究では、このようにある行為を行うための方法を機能的な観点から各行為に対する方法を分類した。分類はレベル1とレベル2に分け、レベル1は目的（移動、運搬、保管、計測、加工、接合、解体）の行為のための大きな観点で、レベル2はレベル1の詳細的な観点として捉えてまとめ、工事を検討するための作業に対する行為を明確にする。

### 3.1.2. 行為の方法の分類

建築工事における行為として、本研究では7つの行為として分類した。そして、7つの行為は、それぞれの行為を行うために、その目的によって様々な行為の方法として分類ができる。本研究では、次のAからGまでの行為に対してその方法を機能的な観点から分類を行い、体系化した。

#### A. 移動

移動とは、機械をA位置からB位置に変化させることで、本研究での移動と運搬の差は、移動の場合はある目的地に達するための動きであり、運搬の場合はある目的地にモノを運ぶための動きである。即ち、モノの運びではない動きは移動として捉えることとした。

図. 3.1.3 に示すように移動の方法のレベル1として3種類に分類した。なお、移動の方法のレベル1の選択により、2種類の移動の方法が決められる。

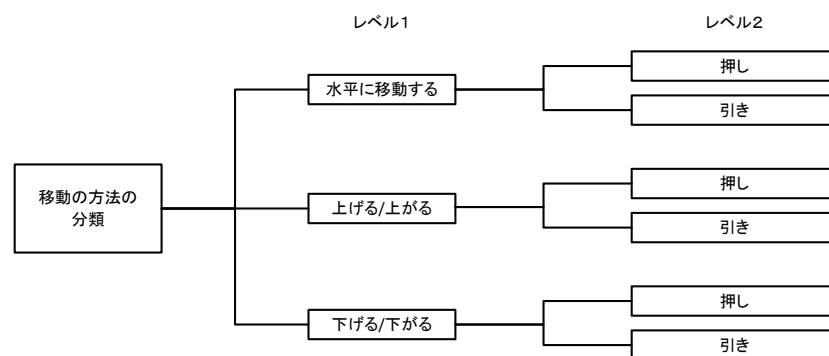


図. 3.1.3 移動の方法の分類

#### a. 移動の方法のレベル1の定義と概念図

機械が移動するための3種類の移動の方法を挙げた。そして、その移動の方法に関する定義とレベル1の概念図は次のようになる。

1) 水平に移動する

ある位置から前方に向かって動く移動の方法である。(ただし、本論文では、水平上での移動に限って“水平に移動する”と称する。)

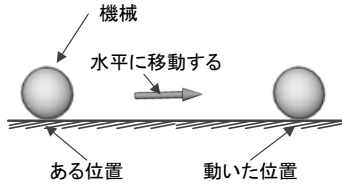


図. 3. 1. 4 “水平に移動する”の概念図

2) 上げる/上がる

低い位置から高い位置へ移る移動の方法である。(ただし、低い位置と高い位置関係は相対的である。)

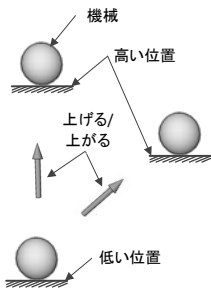


図. 3. 1. 5 “上げる/上がる”の概念図

3) 下げる/下がる

高い位置から低い位置へ移る移動の方法である。(ただし、低い位置と高い位置関係は相対的である。)

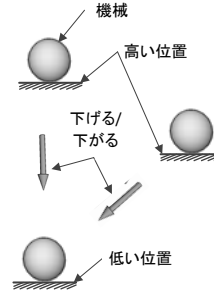


図. 3. 1. 6 “下げる/下がる”の概念図

b. 移動の方法のレベル 2 の定義と概念図

移動の方法のレベル 1 の選択により 2 種類の移動の方法が決められる。

1) 押し

機械をある位置から他の位置へ変化させるために、自分の外側へ力を加え、モノを動かす移動の方法である。

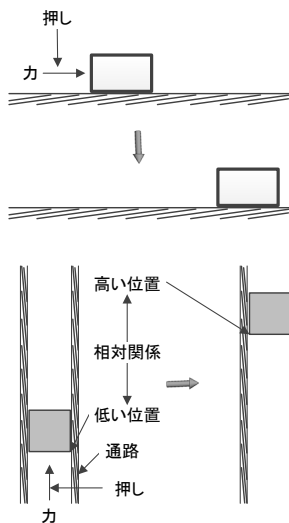


図. 3. 1. 7 “押し”の概念図

2) 引き

機械をある位置から他の位置へ移動させるために、自分の方へ力を加え、モノを動かす移動の方法である。

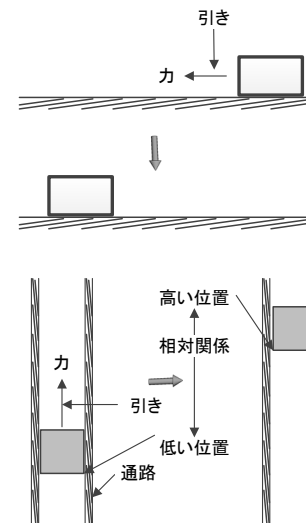


図. 3. 1. 8 “引き”の概念図

## B. 運搬

運搬とは、作業対象物を A 位置から B 位置に変化させることで、ある目的地までモノを運ぶ作業を行うために、図. 3. 1. 9 に示すように運搬の方法のレベル 1 として 3 種類に分類した。本論文では、運搬の方向として水平から水平・上から下・下から上の 3 つの方向に関して分類を行った。ただし、水平から水平方向の運搬に関して、ある程度の勾配があるとしても水平と見なすこととした。なお、運搬の方法のレベル 1 選択により 5 種類の運搬の方法が決められる。

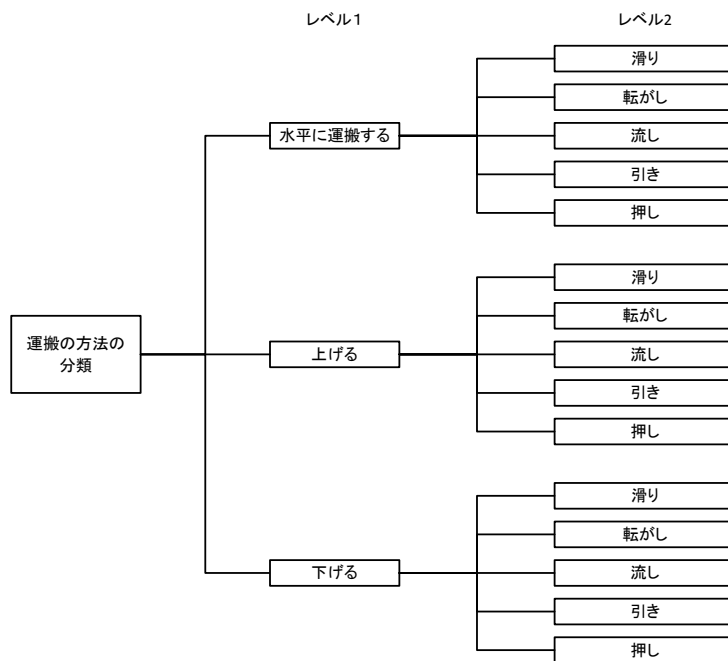


図. 3. 1. 9 運搬の方法の分類

### a. 運搬の方法のレベル 1 の定義と概念図

作業対象物を運搬するための 3 種類の運搬の方法を挙げた。そして、その運搬の方法に関する定義レベル 1 の定義と概念図は次のようになる。

#### 1) 水平に運搬する

部材や機材等を水平上のある位置から水平上の他の位置へ移す運搬の方法である。ただし、ある程度の勾配があるとしても水平と見なす。

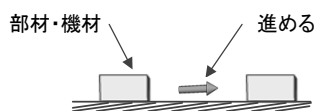


図. 3. 1. 10 “水平に運搬する” の概念図

#### 2) 上げる

部材や機材等を低い位置から高い位置へ移す運搬の方法である。

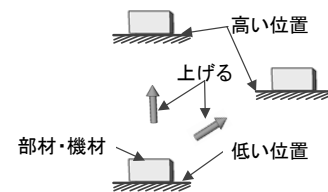


図. 3. 1. 11 “上げる” の概念図

#### 3) 下げる

部材や機材等を高い位置から低い位置へ移す運搬の方法である。

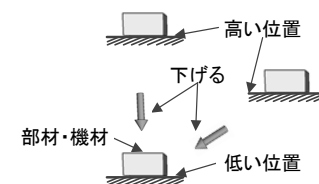


図. 3. 1. 12 “下げる” の概念図

b. 運搬の方法のレベル 2 の定義と概念図

運搬の方法のレベル 1 の選択により 6 種類の運搬の方法が決める。

1) 滑り

部材や機材等がある位置から他の位置へ運搬させるために、固体であるモノの表面か地面をなめらかにして回転させず、送る運搬の方法である。

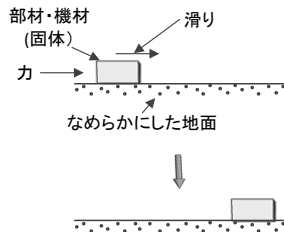


図. 3. 1. 13 “滑り” の概念図

2) 転がし

部材や機材等がある位置から他の位置へ運搬させるために、モノ自体の又は、或いは、機械等の回転によって送る運搬の方法である。

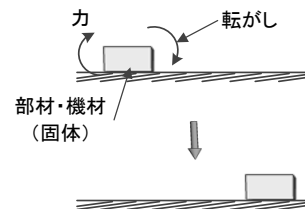


図. 3. 1. 14 “転がし” の概念図

3) 流し

部材や機材等がある位置から他の位置へ運搬させるために、通路等を設けて流動体等を力によって送る運搬の方法である。

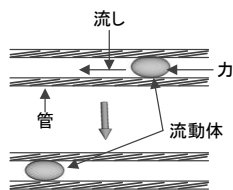


図. 3. 1. 15 “流し” の概念図

4) 引き

部材や機材等がある位置から他の位置へ運搬させるために、自分の方へ力を加え、モノを移す運搬の方法である。

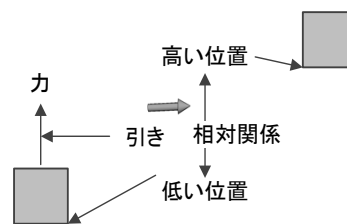


図. 3. 1. 16 “引き” の概念図

5) 押し

部材や機材等がある位置から他の位置へ運搬させるために、自分の外側へ力を加え、モノを移す運搬の方法である。

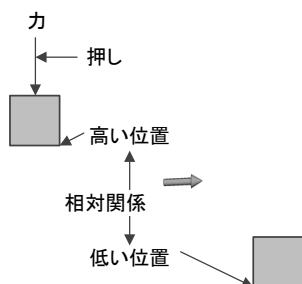


図. 3. 1. 17 “押し” の概念図

C. 保管

保管とは、作業対象物を A 位置から B 位置に変化させることで、ある目的のためにモノをある期間、一定の場所に置く作業で、図. 3. 1. 18 に示すように保管の方法のレベル 1 として 2 種類に分類した。本論文では、運搬する対象物を固体と流動体として分け、それぞれの保管のための方法に関して分類を行った。ただし、保管の条件として保管期間・保管温度・重さ・大きさ等に関しては分類の基準に含めないこととした。なお、保管の方法のレベル 1 の選択により 8 種類の保管の方法が決める。

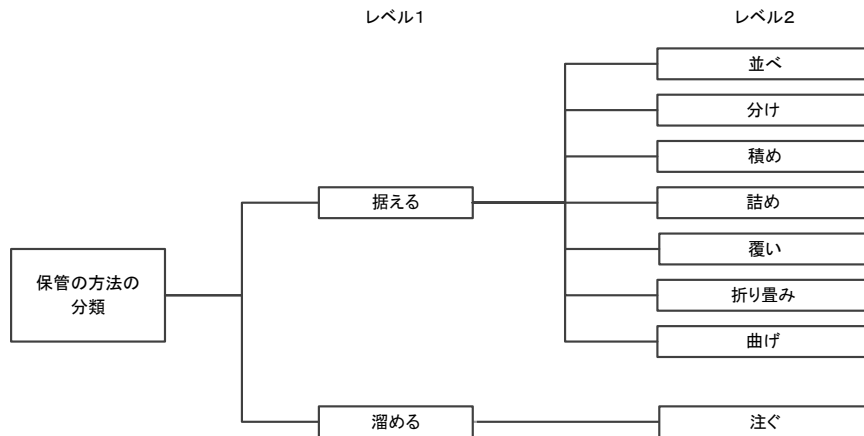


図. 3. 1. 18 保管の方法の分類

a. 保管の方法のレベル 1 の定義と概念図

作業対象物を保管するための 2 種類の保管の方法を挙げた。そして、その保管行為に関する定義レベル 1 の概念図は次のようになる。

1) 据える

部材や機材等がある箇所に動かないように置く保管の方法である。

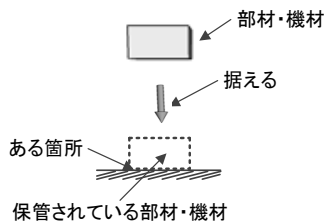


図. 3. 1. 19 “据える” の概念図

2) 溜める

流動体等を容器等の中に入れて込む保管の方法である。

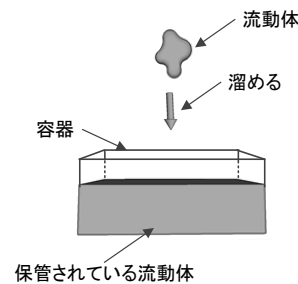


図. 3. 1. 20 “溜める” の概念図

b. 保管の方法のレベル 2 の定義との概念図

保管の方法のレベル 1 の選択により 8 種類の保管の方法が決められる。

1) 並べ

部材や機材等がある箇所に保管させるために、部材や機材等を線状(列)に置く保管の方法である。

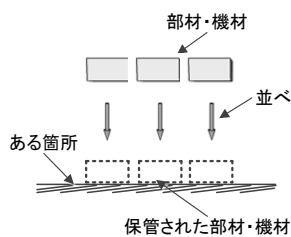


図. 3. 1. 21 “並べ” の概念図

2) 分け

部材や機材等がある箇所に保管させるために、部材や機材等を区別して、別々のまとまりにする保管の方法である。

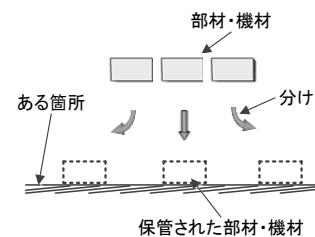


図. 3. 1. 22 “分け” の概念図



3) 積み

部材や機材等がある箇所保管させるために、部材や機材等を上の方向に重ねる保管の方法である。

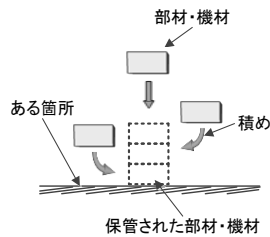


図. 3. 1. 23 “積み” の概念図

5) 覆い

部材や機材等がある箇所保管させるために、部材や機材等にあるモノをかぶせる保管の方法である。

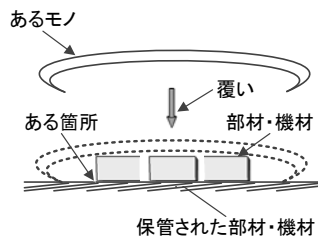


図. 3. 1. 25 “覆い” の概念図

7) 曲げ

部材や機材等がある箇所保管させるために、まっすぐな部材や機材等に力を加えて曲がった状態にする保管の方法である。

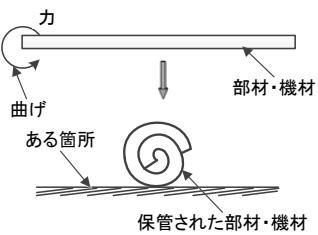


図. 3. 1. 27 “曲げ” の概念図

4) 詰め

部材や機材等がある箇所保管させるために、部材や機材等をすき間がないように入れる保管の方法である。

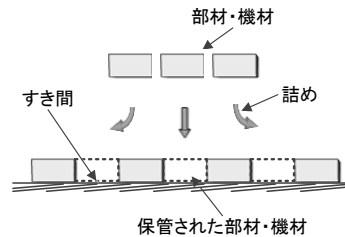


図. 3. 1. 24 “詰め” の概念図

6) 折り畳み

部材や機材等がある箇所保管させるために、一連に繋がっている状態の部材や機材等に力を加えて幾つかに折り重ねて小さくする保管の方法である。

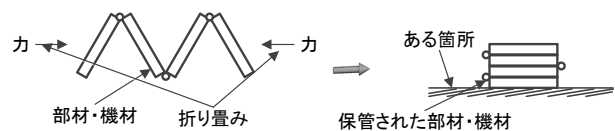


図. 3. 1. 26 “折り畳み” の概念図

8) 注ぎ

流動体を容器等に保管させるために、流動体を容器等に流し込む保管の方法である。

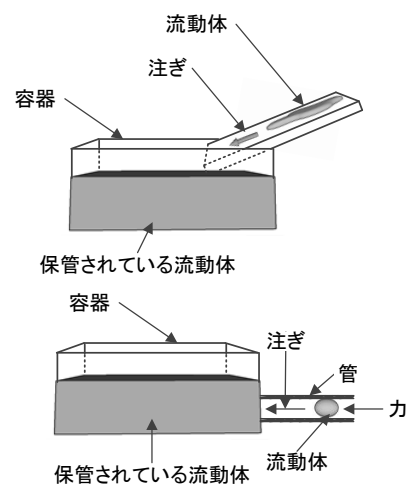


図. 3. 1. 28 “注ぎ” の概念図

## D. 計測

計測とは、作業対象物の情報を調べることで、ある目的のためにモノをある期間、一定の場所に置く作業で、図. 3. 1. 29 に示すように計測の方法のレベル 1 として 3 種類に分類した。本論文では、現場での計測する目的として計測の方法に関して分類を行った。なお、計測の方法のレベル 1 の選択により 4 種類の計測の方法が決められる。

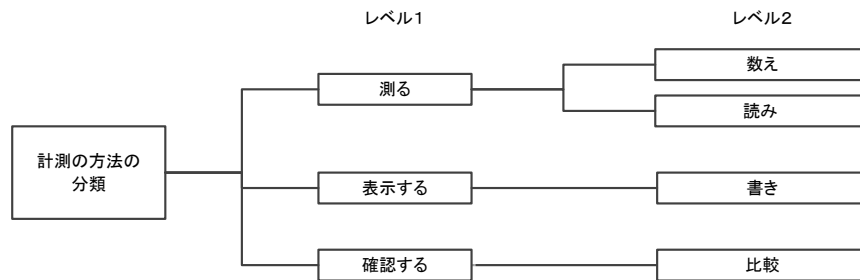


図. 3. 1. 29 計測の方法の分類

### a. 計測の方法のレベル 1 の定義と概念図

作業対象物を計測するための 3 種類の計測の方法を挙げた。そして、その計測の方法のレベル 1 に関する定義と概念図は次のようになる。

#### 1) 測る

空間・部位・部材・機材等の長さ、量、重さ、強度、性能、位置、種類、出来具合等を調べる計測の方法である。

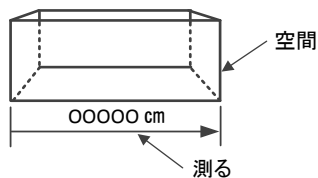


図. 3. 1. 30 “測る” の概念図

#### 3) 確認する

空間・部位・部材・機材等の長さ、量、重さ、強度、性能、位置、種類、出来具合等を確認する計測の方法である。

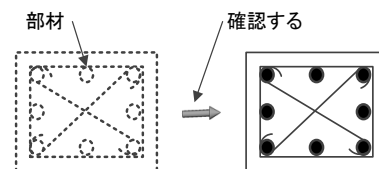


図. 3. 1. 32 “確認する” の概念図

#### 2) 表示する

空間・部位・部材・機材等の長さ、量、重さ、強度、性能、位置、種類、出来具合等を表示する計測の方法である。

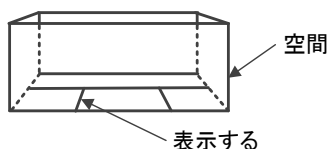


図. 3. 1. 31 “表示する” の概念図

### b. 計測の方法のレベル 2 の概念図

計測の方法のレベル 1 の選択により、4 種類の計測の方法が決められる。

1) 数え

モノを計測するために、モノの個数を調べる計測の方法である。

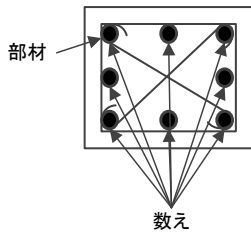


図. 3. 1. 33 “数え”の概念図

3) 比較

モノを計測した値、位置、種類、出来具合等を確認するために、設計図書等と比べる計測の方法である。

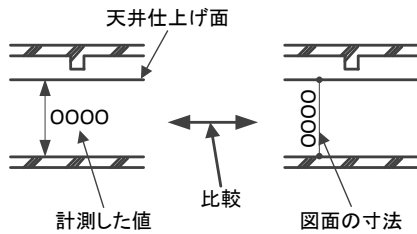


図. 3. 1. 35 “比較”の概念図

2) 読み

モノを計測するために、測れた目盛等を把握する計測の方法である。

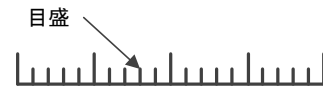


図. 3. 1. 34 “読み”の概念図

4) 書き

モノを計測した値、位置、種類、出来具合等を知らせるために、文字・記号・色塗り・線・図面等をモノの表面に記す計測の方法である。

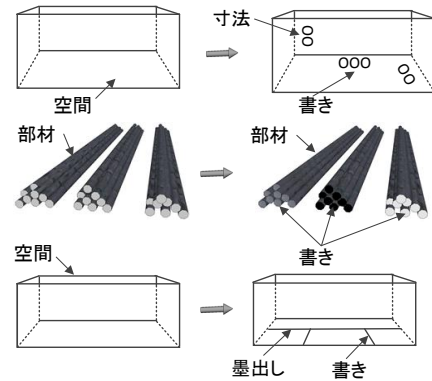


図. 3. 1. 36 “書き”の概念図

E. 加工

加工とは、作業対象物の形状や質等を変化させることで、一般的には、接合行為を行う前段階として接合するために必要とする部材や部位等の寸法、形、状態等を変化させる作業行為であり、図. 3. 1. 37 に示すように加工の方法のレベル 1 として 3 種類に分類した。本論文では、生産工場での機械でできる加工より建築現場で行われる加工の方法の観点から分類を行った。なお、加工の方法のレベル 1 の選択により、11 種類の加工の方法が決められる。

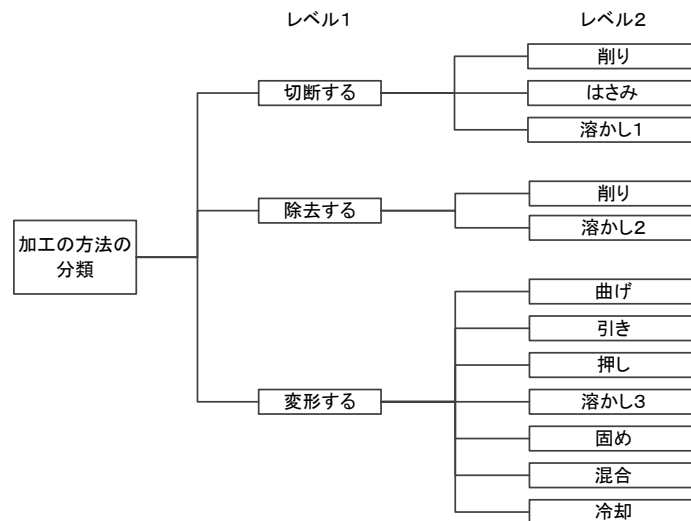


図. 3. 1. 37 加工の方法の分類

a. 加工の方法のレベル 1 の定義と概念図

作業対象物の形状を変化させるための 3 種類の加工の方法を挙げた。そして、その加工の方法のレベル 1 に関する定義と概念図は次のようになる。

1) 切断する

部材や部位等を物理的な力により、切り離す加工の方法である。

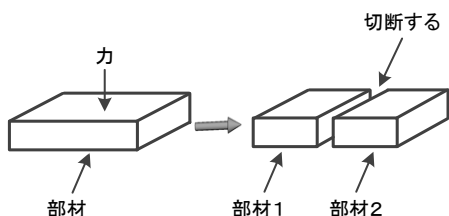


図. 3. 1. 38 “切断する” の概念図

3) 変形する

部材や部位等の形、色、性質等を違う状態に変化させる加工の方法である。

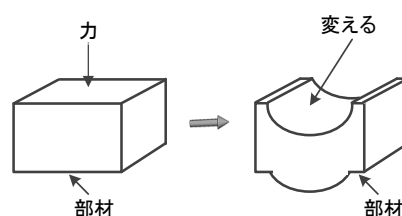


図. 3. 1. 40 “変形する” の概念図

2) 除去する

部材や部位等を物理的な力により、ある形になるまで一部分を取り除く加工の方法である。

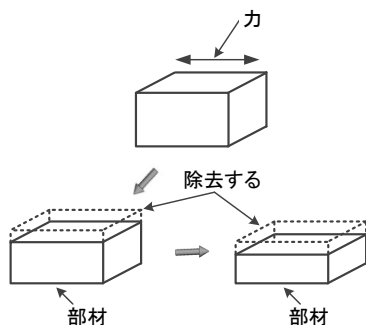


図. 3. 1. 39 “除去する” の概念図

b. 加工の方法のレベル 2 の定義と概念図

加工の方法のレベル 1 の選択により、11 種類の加工の方法が決める。

1) はさみ

部材や部位等を切断するために、挟んで切り離す加工の方法である。

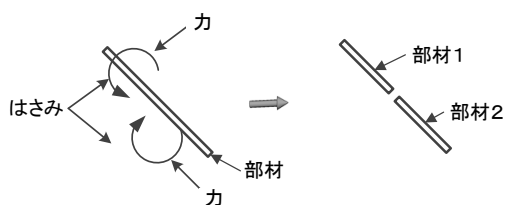


図. 3. 1. 41 “はさみ” の概念図

2) 溶かし 1

部材や部位等を切断するために、ある媒体を与え、溶かして切り離す加工の方法である。

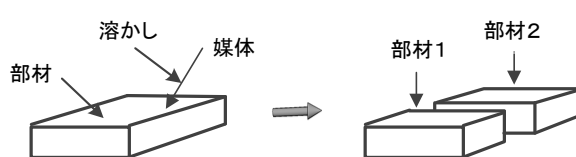


図. 3. 1. 42 “溶かし 1” の概念図

3) 溶かし 2

部材や部位等を除去するために、ある媒体を与え、溶かして一部分を取り除く加工の方法である。

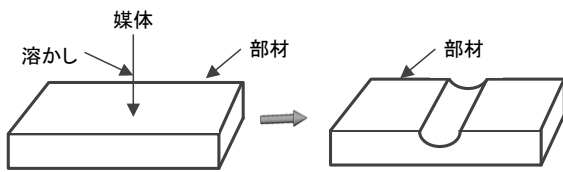


図. 3. 1. 43 “溶かし 2” の概念図

5) 引き

部材や部位等を変形させるために、自分の方へ力を加え、モノの形状を変化させる加工の方法である。

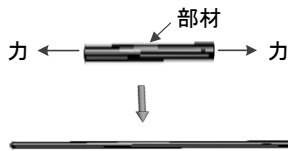


図. 3. 1. 45 “引き” の概念図

7) 溶かし 3

部材や部位等を変質させるために、ある媒体を与え、溶かして形状を変化させる加工の方法である。

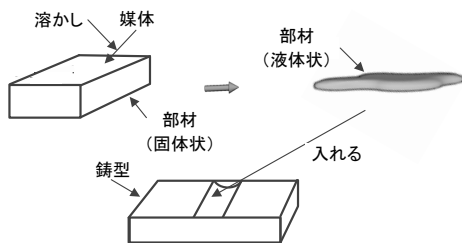


図. 3. 1. 47 “溶かし 3” の概念図

9) 混合

部材や部位等を変質させるために、複数のモノを加えて一つの状態に変化させる加工の方法である。

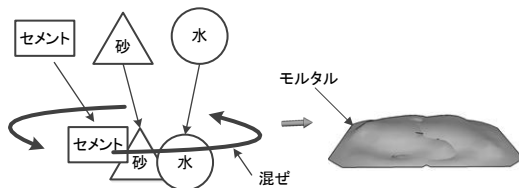


図. 3. 1. 50 “混ぜ” の概念図

4) 曲げ

部材や部位等を変形させるために、まっすぐの状態を力により、たわんだ状態に変化させる加工の方法である。

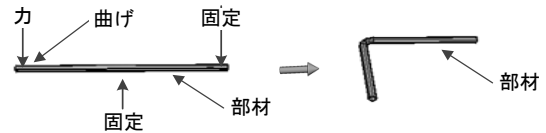


図. 3. 1. 44 “曲げ” の概念図

6) 押し

部材や部位等を変形させるために、自分の外側へ力を加え、モノの形状を変化させる加工の方法である。

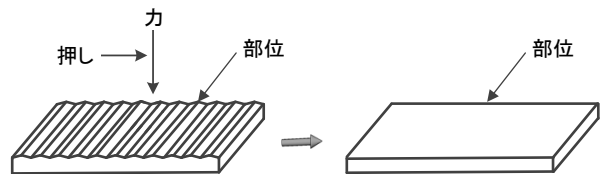


図. 3. 1. 46 “押し” の概念図

8) 固め

部材や部位等を変質させるために、一定期間、適当な温度と湿度を維持させて状態を変化させる加工の方法である。

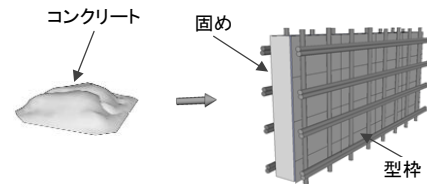


図. 3. 1. 48 “固め” の概念図

10) 冷却

部材や部位等を変質させるために、ある媒体を与え、モノの温度を高温から低温の状態に変化させる加工の方法である。

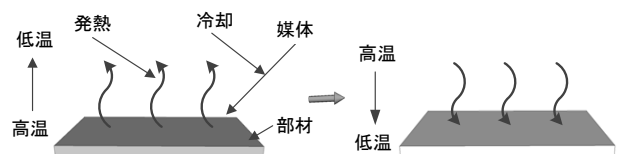


図. 3. 1. 51 “冷却” の概念図

### 11) 削り

部材や部位等の切断又は一部分をなくすために、部材や部位の角や面等を切断・取り除く加工の方法である。

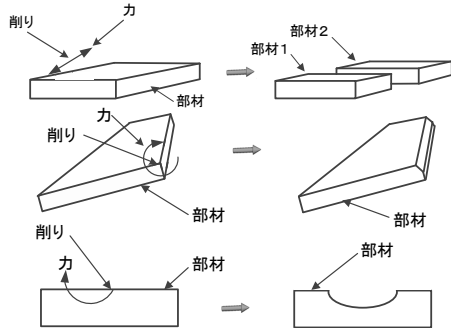


図. 3. 1. 52 “削り” の概念図

### F. 接合

接合とは、作業対象物を一体化させることで、モノづくりのためには必ず必要である作業行為であり、図. 3. 1. 53 に示すように、接合の方法のレベル1として3種類に分類した。本論文では、加工行為と同じく、生産工場での機械でできる接合より、建築現場で行われる接合行為をベースとして分類を行った。なお、接合の方法のレベル1の選択により、15種類の接合の方法が決められる。

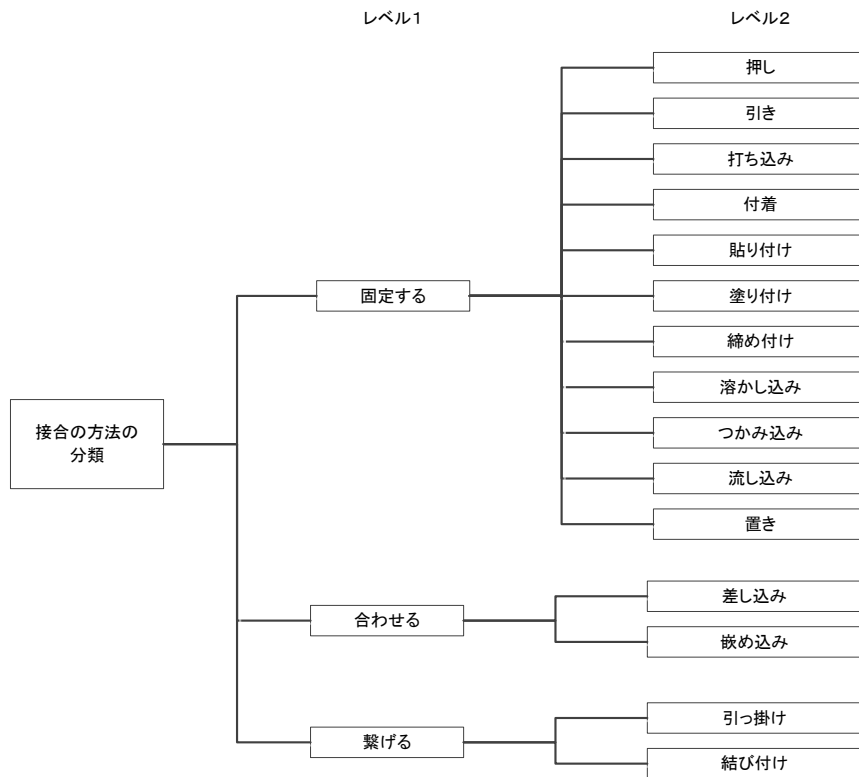


図. 3. 1. 53 接合の方法の分類

a. 接合の方法のレベル 1 の定義と概念図

作業対象物同士を一体化させるための 3 種類の接合の方法を挙げた。そして、その接合の方法のレベル 1 に関する定義と概念図は次のようになる。

1) 固定する

部材や部位等を一つの箇所から動かないようにする接合の方法である。

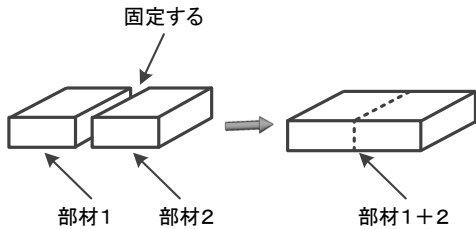


図. 3. 1. 54 “固定する” の概念図

2) 合わせる

部材や部位等をすき間なくぴったり接するようにする接合の方法である。

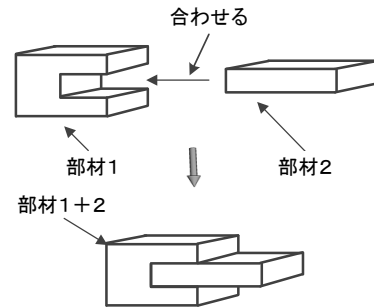


図. 3. 1. 55 “合わせる” の概念図

3) 繋げる

離れている部材や部位等を一続きの状態にする接合の方法である。

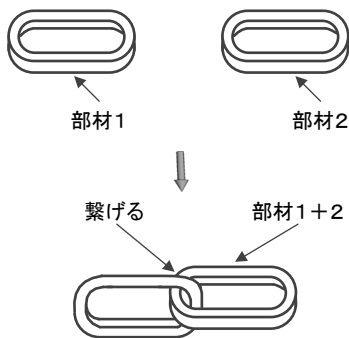


図. 3. 1. 56 “繋げる” の概念図

b. 接合の方法のレベル 2 の定義と概念図

接合の方法のレベル 1 の選択により、15 種類の接合の方法が決められる。

1) 押し

部材や部位等を固定するために、モノに対して自分の外側へ力を加え、固定する接合の方法である。

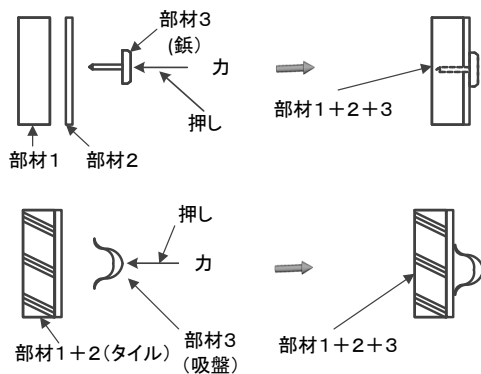


図. 3. 1. 57 “押し” の概念図

2) 引き

部材や部位等を固定するために、モノに対して自分の方へ力を加え、固定する接合の方法である。

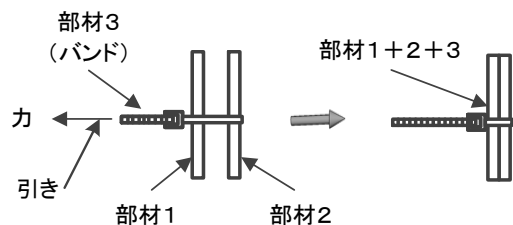


図. 3. 1. 58 “引き” の概念図

### 3) 打ち込み

部材や部位等を固定するために、モノを力で強くたたいて中に入れ、固定する接合の方法である。

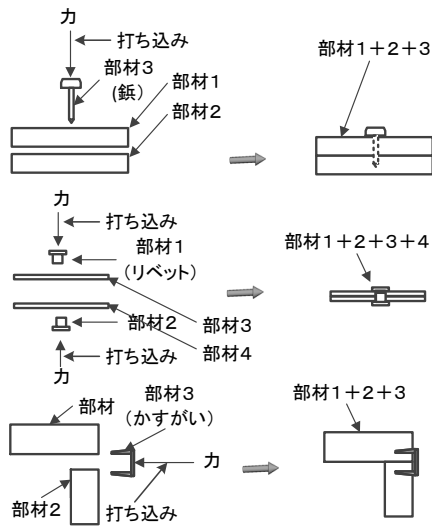


図. 3. 1. 59 “打ち込み” の概念図

### 5) 貼り付け

部材や部位等を固定するために、固体状の接着性があるモノを用いて、固定する接合の方法である。

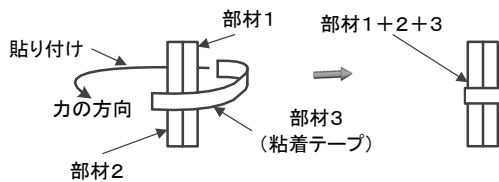


図. 3. 1. 61 “貼り付け” の概念図

### 7) 締め付け

部材や部位等を固定するために、強く引っ張ったり、ひねったりして緩みのないようにして、固定する接合の方法である。

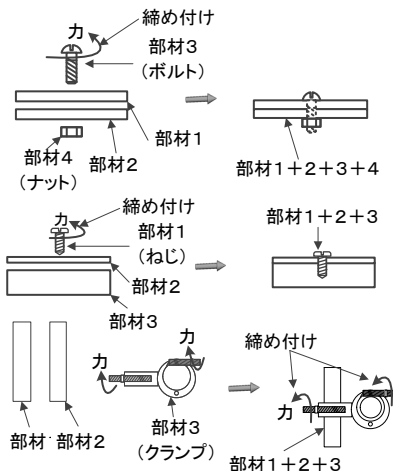


図. 3. 1. 63 “締め付け” の概念図

### 4) 付着

部材や部位等を固定するために、吸いつける性質を持つモノを用いて、固定する接合の方法である。

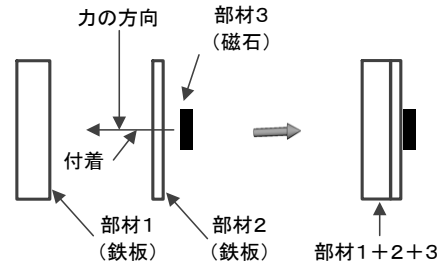


図. 3. 1. 60 “付着” の概念図

### 6) 塗り付け

部材や部位等を固定するために、液体状の接着性があるモノを用いて、固定する接合の方法である。

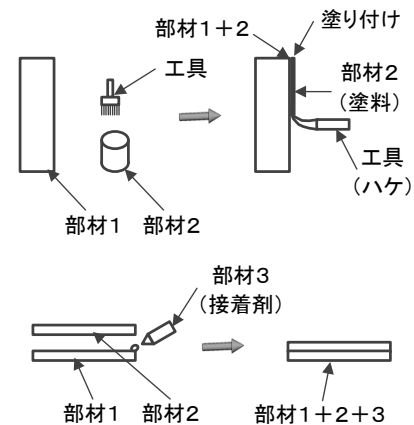


図. 3. 1. 62 “塗り付け” の概念図

### 8) 溶かし込み

部材や部位等を固定するために、熱を加えて溶かして、固定する接合の方法である。

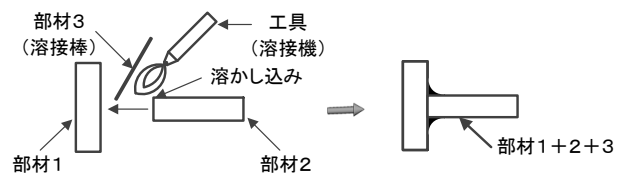


図. 3. 1. 64 “溶かし込み” の概念図



9) つかみ込む

部材や部位等を固定するために、あるモノを用いて離れないように持たして、固定する接合の方法である。

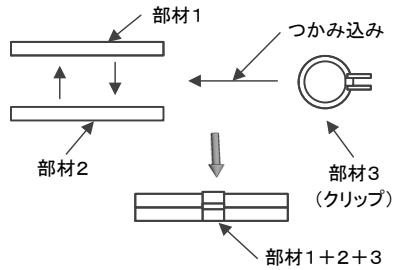


図. 3. 1. 65 “つかみ込み” の概念図

11) 置き

部材や部位等を固定するために、モノの自重により設置して、固定する接合の方法である。

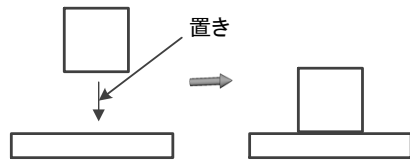


図. 3. 1. 67 “置き” の概念図

13) 嵌め込み

部材や部位等を合わせるために、モノ同士にはめて入れ込む接合の方法である。

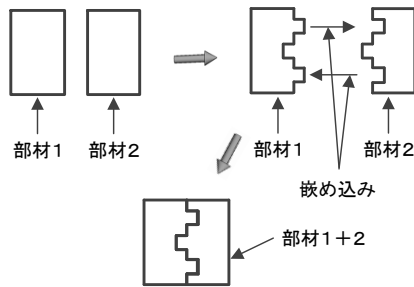


図. 3. 1. 69 “嵌め込み” の概念図

14) 引っ掛け

部材や部位等を繋げるために、モノ同士に掛けてかみ合わせる接合の方法である。

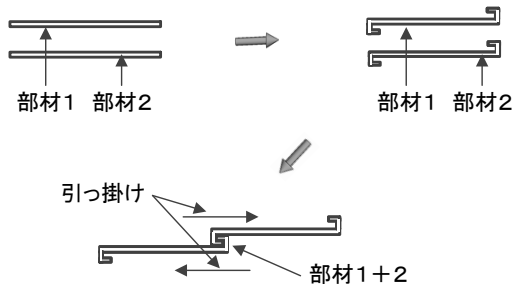


図. 3. 1. 70 “引っ掛け” の概念図

10) 流し込み

部材や部位等を固定するために、液体状のものを流して中に入れ、固定する接合の方法である。

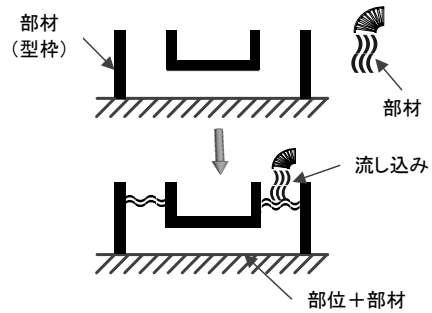


図. 3. 1. 66 “流し込み” の概念図

12) 差し込み

部材や部位等を合わせるために、モノの中やすき間等に他のモノをさしたり、はさんだりして入れ込む接合の方法である。

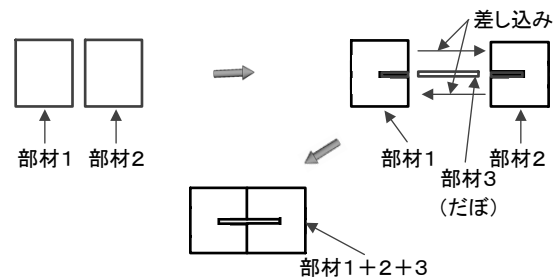


図. 3. 1. 68 “差し込み” の概念図

15) 結び付け

部材や部位等を繋げるために、モノを結んで離れないように持たせる接合の方法である。

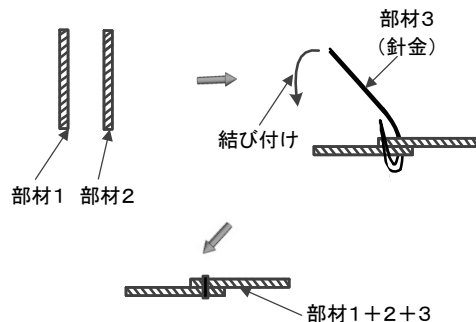


図. 3. 1. 71 “結び付け” の概念図

## G. 解体

解体とは、一体化されている作業対象物を分解させることで、接合されている対象を基に戻す作業行為であり、図. 3. 1. 72 に示すように解体の方法のレベル 1 として 2 種類に分類した。本論文では、解体行為としてモノをできる限り形を維持する観点と形をなくす観点を基に分類を行った。なお、解体方法のレベル 1 の選択により、8 種類の解体の方法が決められる。

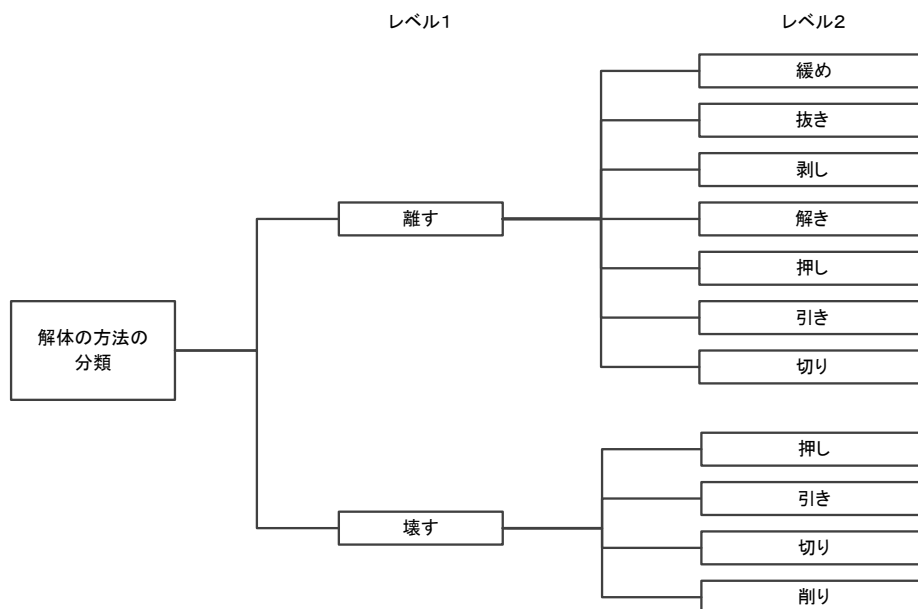


図. 3. 1. 72 解体の方法の分類

### a. 解体の方法のレベル 1 の定義と概念図

作業対象物同士を分解させるための 2 種類の解体の方法を挙げた。そして、その解体の方法のレベル 1 に関する定義と概念図は次のようになる。

#### 1) 離す

接合されている部材や部位等を接合前の形に取り外す解体の方法である。

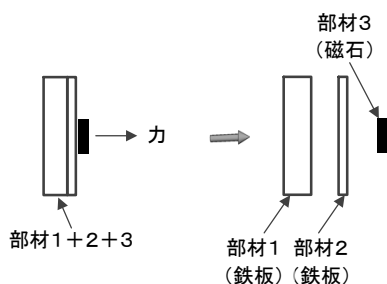


図. 3. 1. 73 “離す” の概念図

#### 2) 壊す

接合されている部材や部位等を接合前の形と関係なく、形を崩してばらばらにする解体の方法である。

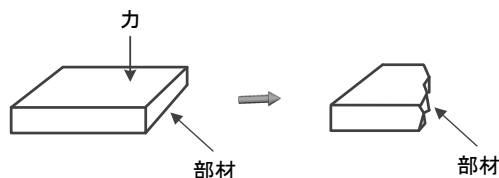


図. 3. 1. 74 “壊す” の概念図

### b. 解体の方法レベル 2 の定義と概念図

解体の方法のレベル 1 の選択により、9 種類の解体の方法が決められる。

1) 緩め

部材や部位等を分解するために、強く締め付けていたモノの力を弱める解体の方法である。

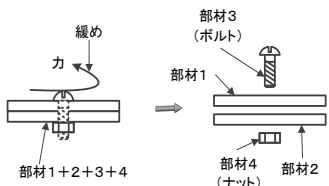


図. 3. 1. 75 “緩め”の概念図

3) 剥し

部材や部位等を分解するために、表面に付着しているモノを取る解体の方法である。

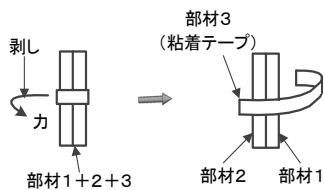


図. 3. 1. 77 “剥し”の概念図

5) 押し

部材や部位等を分解するために、モノに対して自分の外側へ力を加える解体の方法である。

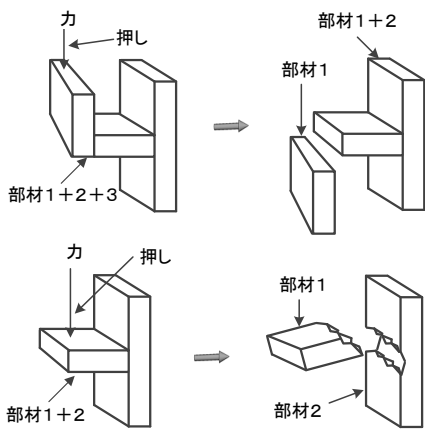


図. 3. 1. 79 “押し”の概念図

7) 切り

部材や部位等を分解するために、繋がっているモノを切り離す解体の方法である。

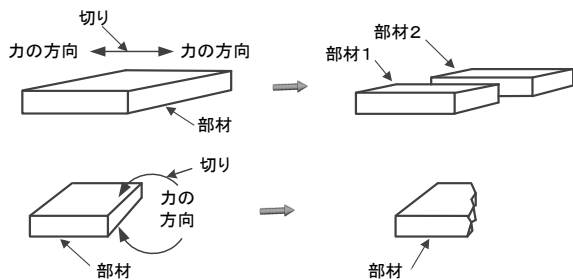


図. 3. 1. 81 “切り”の概念図

2) 抜き

部材や部位等を分解するために、はまっているモノを引っ張って取り出す解体の方法である。

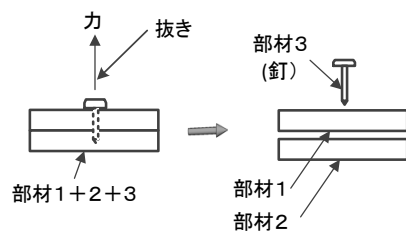


図. 3. 1. 76 “抜き”の概念図

4) 解き

部材や部位等を分解するために、結んでいるモノを離す解体の方法である。

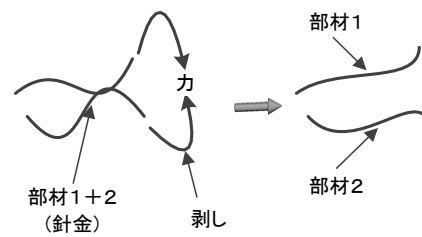


図. 3. 1. 78 “解き”の概念図

6) 引き

部材や部位等を分解するために、モノに対して自分の方へ力を加える解体の方法である。

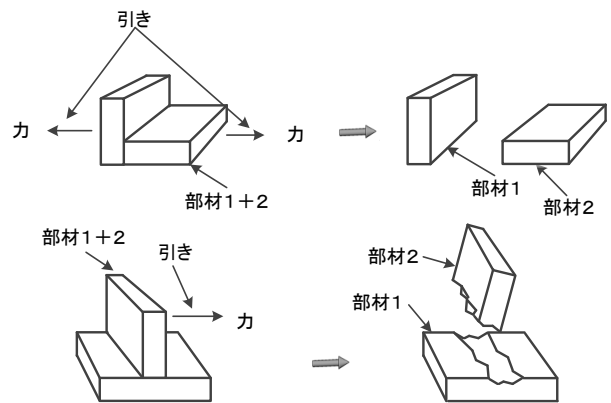


図. 3. 1. 80 “引き”の概念図

8) 削り

部材や部位等を分解するために、面等を取り除く解体の方法である。

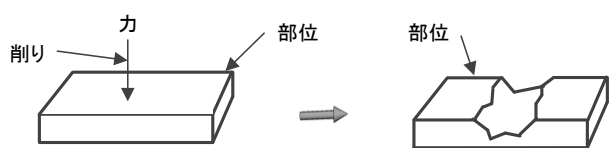


図. 3. 1. 82 “削り”の概念図

### 3.1.3. 行為と行為の方法の関係

前述に述べたように、7つの行為からそれぞれの行為の方法が存在し、行為の方法のレベル1のより、行為の方法のレベル2では、どの方法を選定して作業を進めるかをその現場の作業状況によって計画者、或いは、作業者が判断することとなる。図. 3. 1. 83 は、一つの作業を行う際、一般的な行為の流れで、1つの行為を行うための行為と行為の方法の関係図である。

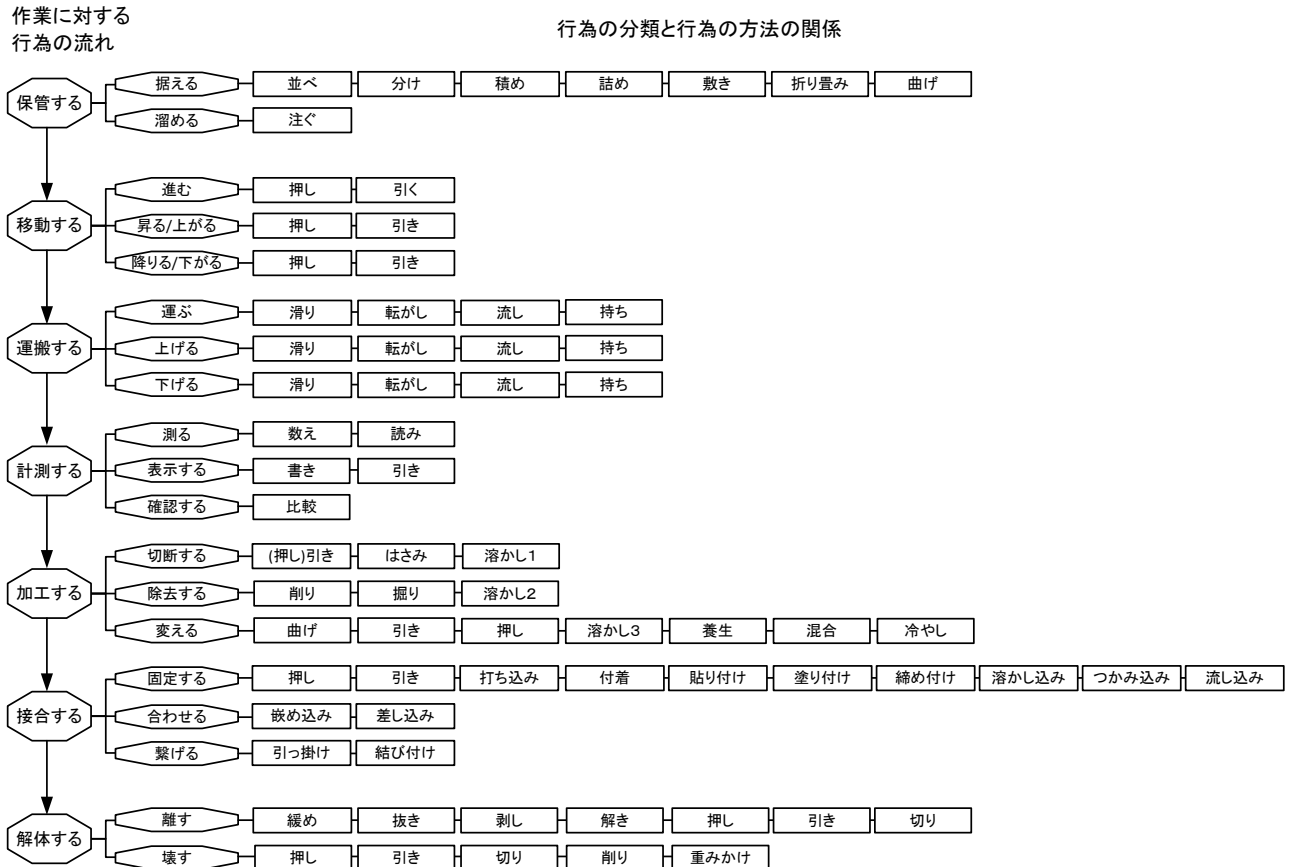


図. 3. 1. 83 作業における行為と行為の方法の関係図

図. 3. 1. 84 は、型枠作業を行うための作業手順を行為と行為の方法で表現した事例である。ただし、本事例は、一面の壁に対する型枠作業を事例とした。

型枠作業の手順	型枠作業の内容	必要とする行為と行為の方法	作業図
型枠材料の準備	<p>1) 材料は、施工図に従って型枠材料であるせき板、パネル材、緊結金物、支保工材等を現場のストックヤードに保管するために据えて各材料を積めて置く。</p> <p>2) 作業者は、作業のために歩いて現場のストックヤードに保管されている型枠材料を台車で作業場まで運んで運搬する。</p>	<p>保管する → 据える → 積み</p> <p>並べ</p> <p>分け</p> <p>運搬する → 運ぶ → 転がし</p>	
型枠の下ごしらえ	<p>1) 工場で加工された型枠材料と現場の状況に合わせた型枠材料を区分する。</p> <p>2) 作業者は、現場の状況により加工しなければならない型枠材料を作業場でカッター等を用いて切断する。</p>	<p>加工する → 切断する → 削り</p>	
墨出し	<p>1) 作業者は、設計図に従って配置計画と現場の計測を行う。</p> <p>2) 通り心、パンチマークを設定し、墨出しの基準線を決め、墨出しを行う。</p>	<p>計測する → 測る → 読み</p> <p>表示する → 書き</p>	
型枠の組立	<p>1) 施工図に従って型枠を地墨に合わせて立てる。</p> <p>2) さらに、養生時のコンクリートの膨張による型枠の変形を防ぐために、パイプ等を型枠に付けてセパレーター、フォームタイで固定する。</p>	<p>接合する → 固定する → 打ち込み</p> <p>締め付け</p>	
コンクリート打設	<p>1) 型枠作業や他の付帯設備作業等が完了すると、コンクリートの打設作業を行う。</p> <p>2) 作業者は、型枠の変形、はらみ、ひずみ等の瑕疵がないかを確認する。</p>	<p>接合する → 固定する → 流し込み</p> <p>加工する → 変える → 固め</p> <p>計測する → 確認する → 比較</p>	
型枠の解体	<p>1) 作業者は、コンクリートの養生によって強度が確保されているかを十分確認する。</p> <p>2) 決められた型枠の存置期間を守った後、釘は抜き、結束されているパイプは緩めて取り、型枠を引いて解体する。</p>	<p>計測する → 確認する → 比較</p> <p>解体する → 離す → 緩め</p> <p>抜き</p> <p>引き</p>	

図. 3. 1. 84 型枠作業における行為と行為の方法

### 3.2. 行為の連鎖と部材間の接合の順序関係の分析

#### 3.2.1. 行為の連鎖

本研究では、行為間の連鎖を作成することし、7つの行為の内、特に、モノづくりに重要となる接合行為に着目し、まず、接合行為を重視として連鎖を行い、その後、接合行為を行うための他の行為をつなげることにした。なぜならば、モノづくりのために、先に考えるのはモノとモノの接合を、どのような手順で作業を行うかを考える。そして、決められた接合行為の手順を基に他の行為を考慮して作業計画を立てるためである。

図. 3.2.1 は、石膏ボードを用いた壁仕上げ工事の行為の連鎖の一般的な流れから接合行為のみを抽出する事例である。そこで、「コンクリート壁と接着剤を接合する」、「接着剤と石膏ボードを接合する」、「石膏ボードと壁クロスを接合する」の接合作業を抽出した。

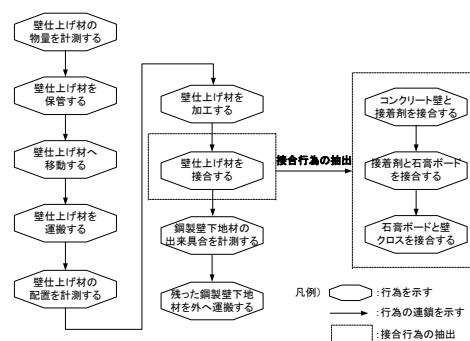


図. 3.2.1 石膏ボードを用いた壁仕上げ工事の行為の連鎖からの接合行為の抽出

本研究では、部材間の接合行為を次の接合行為に連鎖させるために、部材間の接合行為の出来具合を測定した後、安定あるいは、安全であれば、次の部材間の接合行為が行われる。それらの繰り返しによって目標としたモノが完成される。ただし、ここでは、接合行為後の出来具合の結果の測定は安定あるいは、安全であることを前提とする。図. 3.2.2 は、接合行為の連鎖を示す。

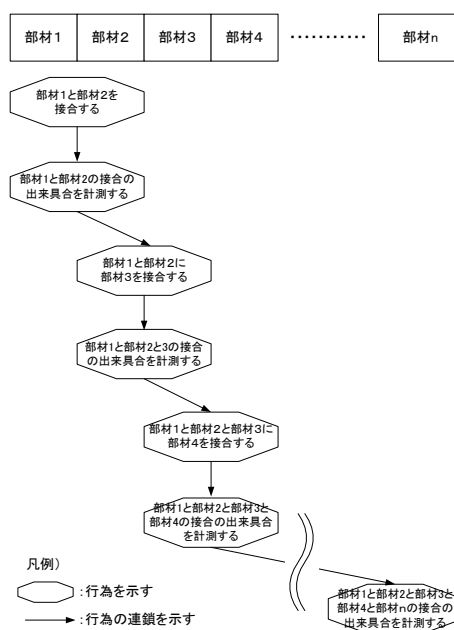


図. 3.2.2 接合行為間の連鎖

各行為を連鎖させるためには、以下のような手順に従う必要がある。

- 1) 各部材間の接合する手順を決め、接合順序図を作成する。
- 2) 行為の作業プロセス図上の部材毎に必要なとされる行為の流れを記述する。
- 3) 部材間の行為と行為を連鎖し、重なっている行為を把握する。
- 4) 重なっている行為を消去し、残された行為をまとめ、全体の行為の流れを完成させる。

以上の手順によって、作業の流れを作業に対する行為の連鎖で、視覚的に検討することができる。下記は、各手順に対する説明である。ただし、3章では、行為によるモノの状態に関しては言及せず、行為のみとする。

- 1) 各部材間の接合する手順を決め、接合順序図を作成する。

各部材間の接合する手順を決め、建築工事に対する接合行為による接合行為と前後の部材関係の表現で作業プロセス図を作成する。事例として石膏ボードを用いた壁仕上げ作業の一つの接合する手順を選定し、作業プロセス図を作成することとした。

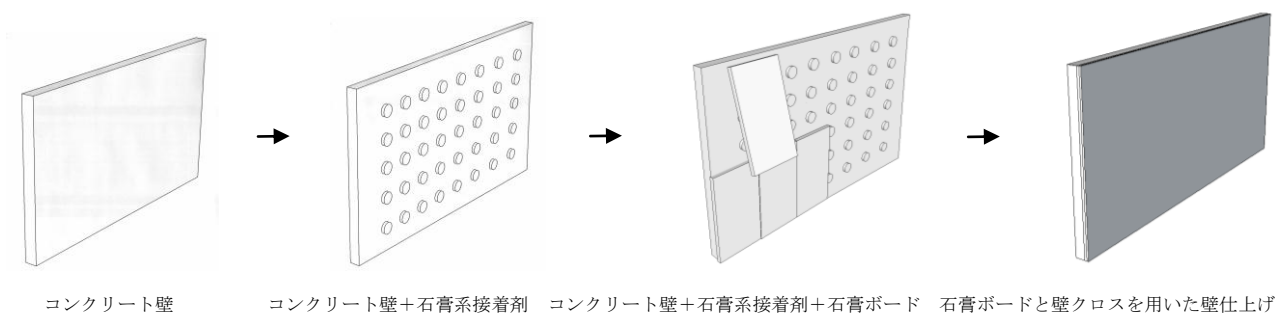
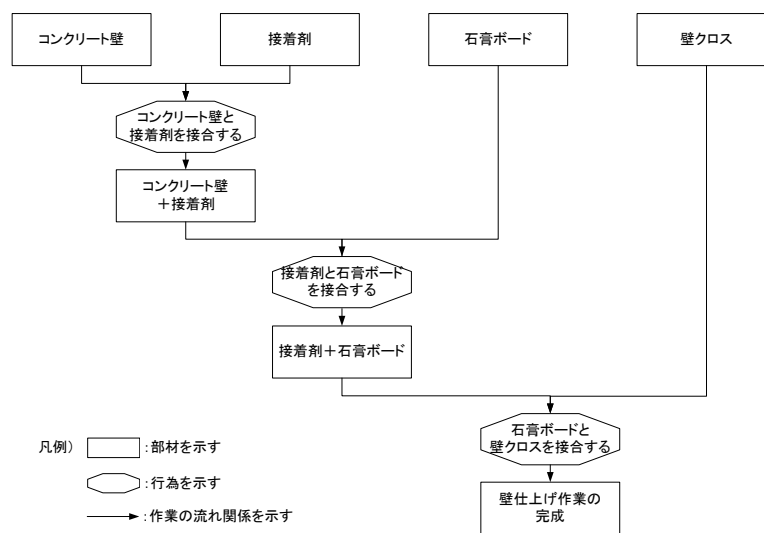


図. 3. 2. 3 石膏ボードを用いた壁仕上げ作業の接合順序図

2) 行為の作業プロセス図上の部材毎に必要な行為の流れを記述する。

表. 3. 2. 3 の接合順序図を基に、各部材に対する必要とされる行為の流れを記述する。ただし、接合行為の記述は、接合する順番に従って各部材との接合関係を示して表現する。

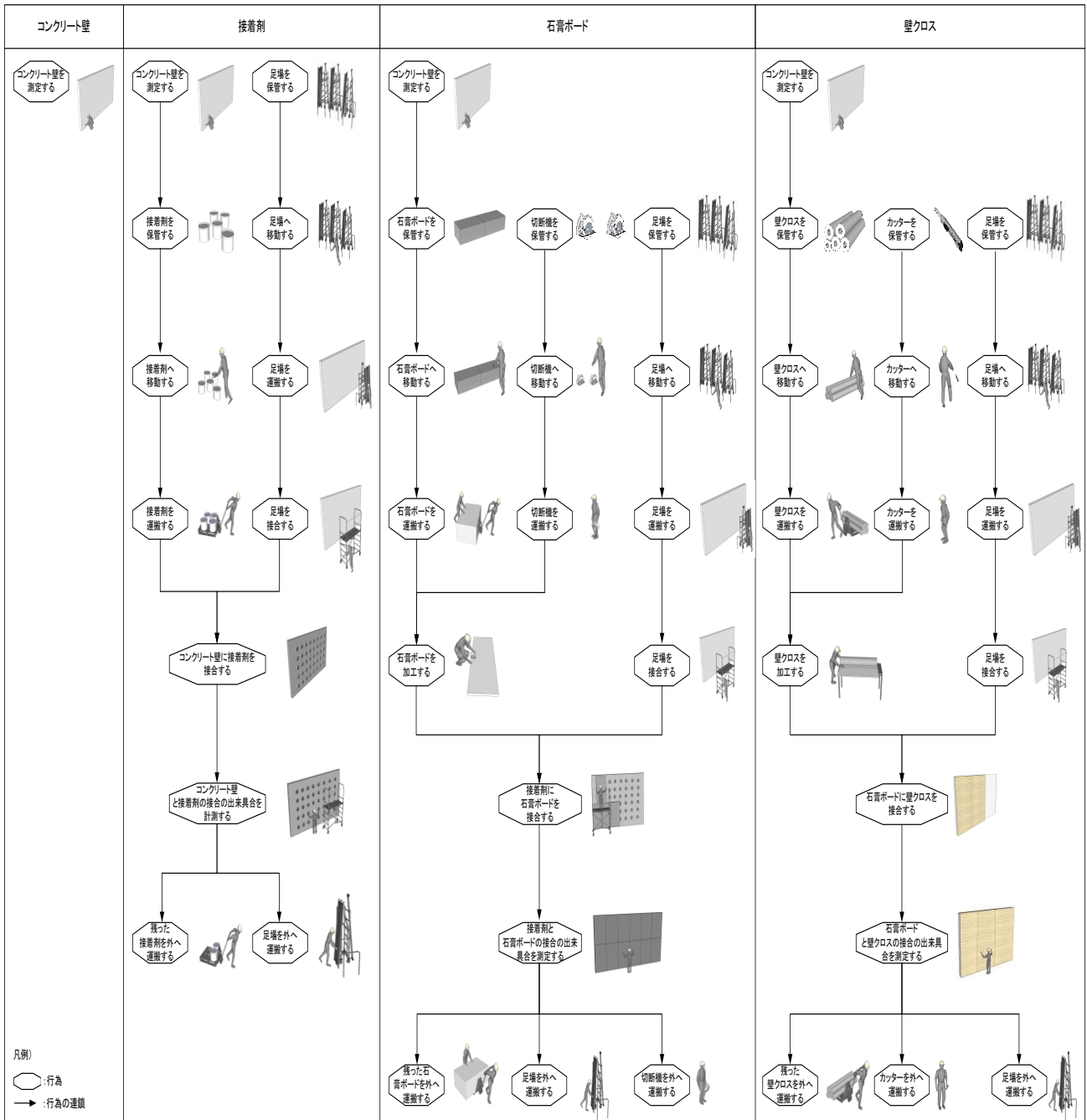


図. 3. 2. 4 部材毎に必要な行為の流れ

3) 部材間の行為と行為を連鎖し、重なっている行為を把握する。

部材における重なっている行為が存在する場合、それらを一つにまとめる必要がある。その理由としては、作業プロセスを作成するのに当たって重複する作業を無くして、できる限り簡潔な作業プロセスを作成する必要があるためである。下記の図. 3. 2. 5 に示すように、点線の四角に囲まれている行為が重なっている行為であり、その関係を点線で結んでいる。



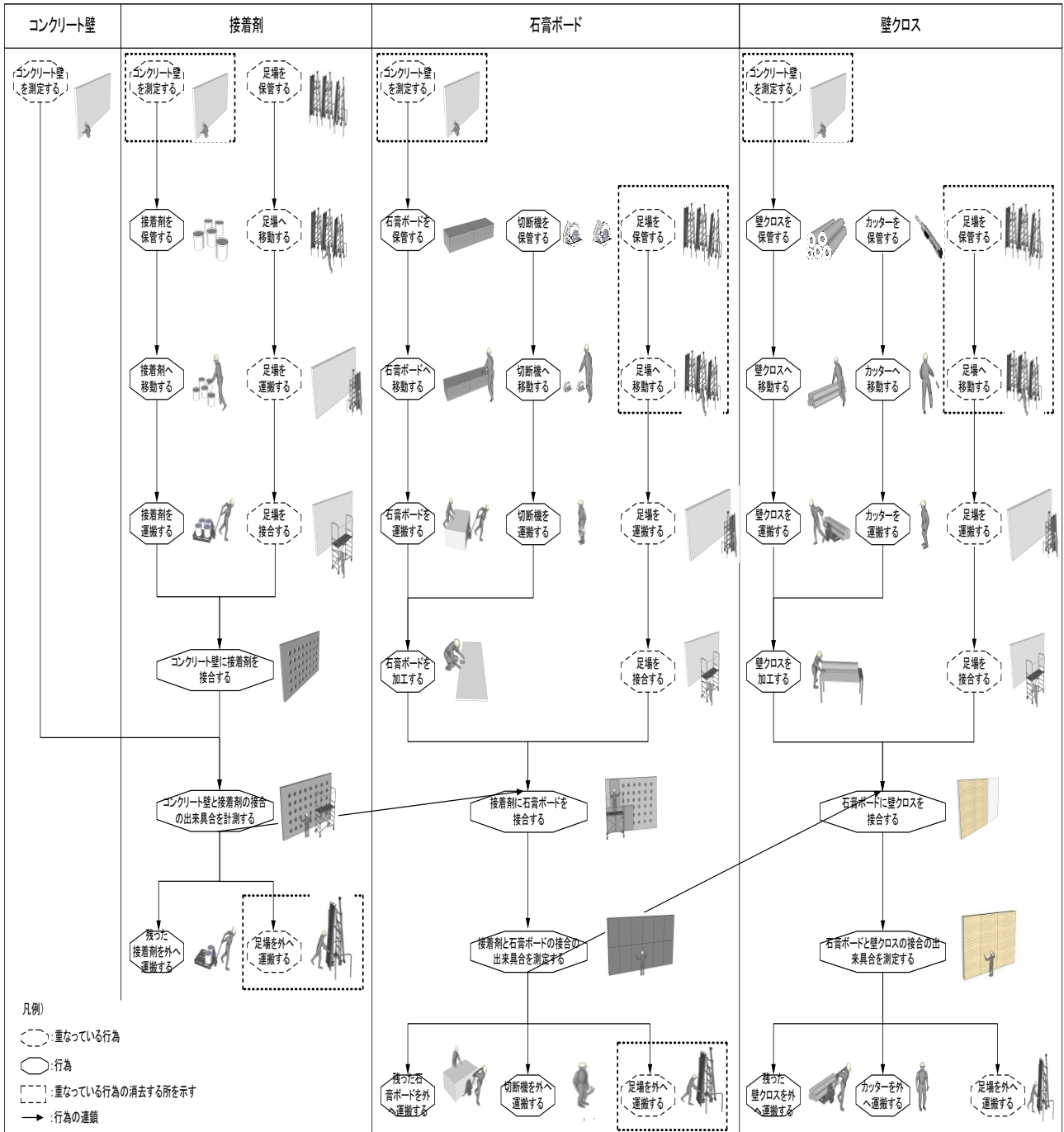


図. 3. 2. 5 部材間の行為を連鎖し、重なっている行為を把握

4) 重なっている行為を消去し、残された行為をまとめ、全体の行為の流れを完成させる。

重なっている行為をまとめるために、一つの行為以外の残りの作業は消去する必要がある。消去する方法としては次のようである。

- ①接合行為の前段階には、接合行為の順番を基準とし、接合行為の早い順番の重なっている作業は残し、残りの作業は消去する。
- ②接合行為の前段階で、消去すべき重なっている行為の内、次の行為段階で必ず必要である“機材”は行為の記述として「～を運搬する」形として残すこととする。その理由としては、消去する目的は、作業プロセスを簡潔に作成するためであり、その消去のため、次の作業に必要とする“モノ”がなけ

れば、作業が進められないためである。なお、ここで言う“運搬”は、次の行為を行うための作業しやすい位置に機材を設置するという意味である。

③接合行為の後段階には、接合行為の遅い順番の重なっている行為は残し、残りの行為は消去する。ただし、本研究での重なっている行為の消去の前提条件としては、一つの作業（例：壁工事、天井工事、床工事など）をチームとして作業を行う条件とする。

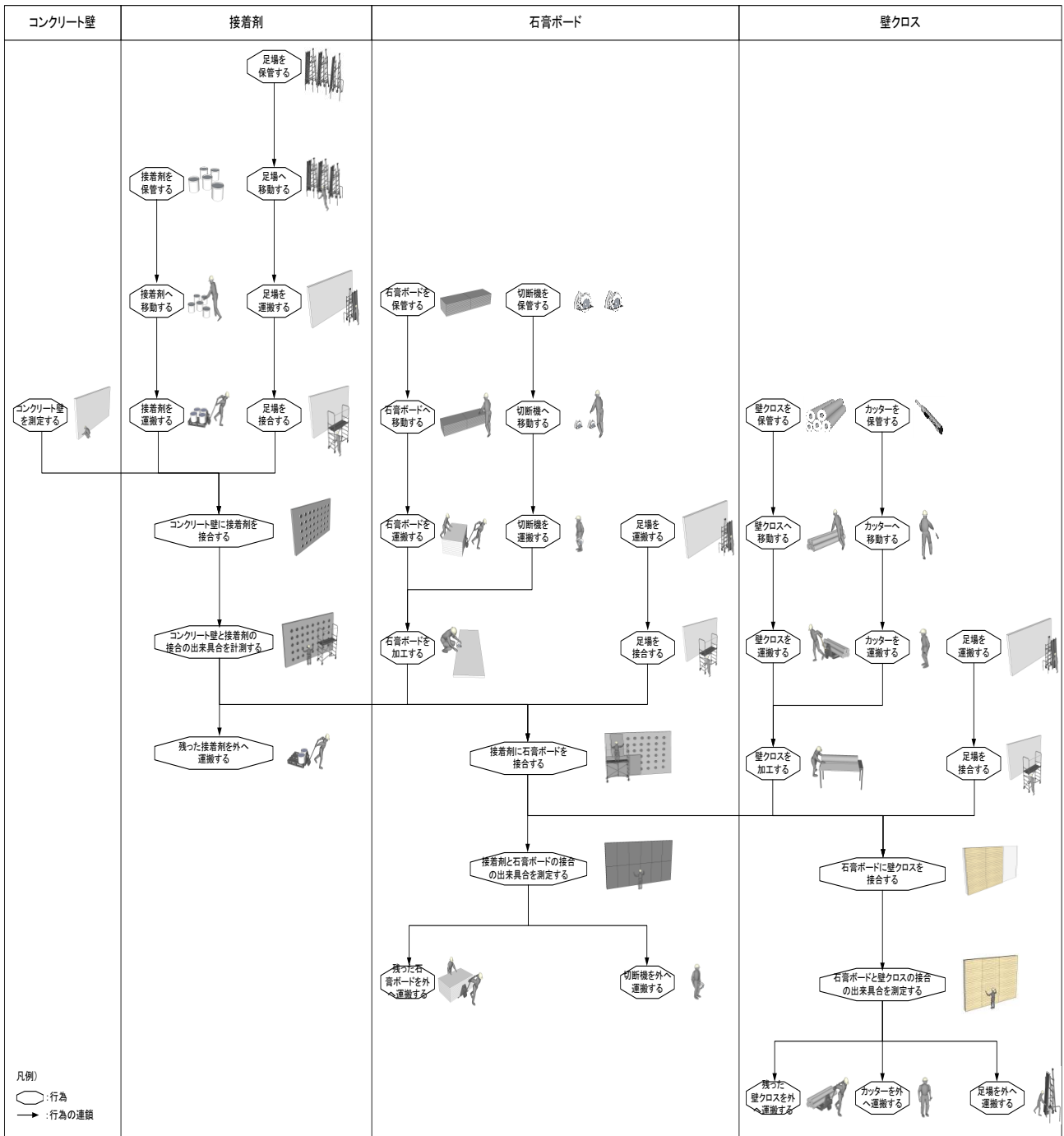


図. 3. 2. 6 全体の行為の流れの完成

本研究では、壁を事例として作業プロセスの分析を行うこととする。そのために壁の本質的な目的を調べる必要がある。壁の建築的な意味として、既往の文献では「建築空間の仕切りのうち主として鉛直の（鉛直成分を含む）もの」又は、「建物の外周を形成して、風雨、寒暑や、外敵を防ぐ構造物として、直接生活空間を形づくる外壁と建物内の室を区画する内壁とに分かれる」と記述されている。

壁の仕上げとして、石膏ボードを用いた壁仕上げ工事を本研究での事例とした。壁仕上げ工事に対する作業は、複数の部材から形成されているため、各部材が果たしている機能（役割）を調べる。部材の機能の多くは、それが接合している部材または、他の部材を介して隣接している部材に対して作用していることが多い。そこで、壁を仕上げるために、必要とする機能の検討を行うこととした。

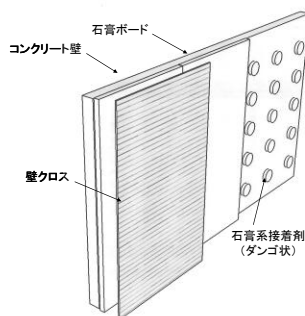


図. 3. 2. 7 石膏ボードを用いた壁仕上げの図

図. 3. 2. 7 は、石膏ボードを用いた壁仕上げ作業で、コンクリート壁に石膏ボードを接合させるために石膏系接着剤をダンゴ状に塗りつけ、その上に石膏ボードを直接接合した後、壁クロスを接合する図である。

表. 3. 2. 1 石膏ボードを用いた壁仕上げ工事の部材の分析

部材	部材が果たす完成時の機能 【部材が果たす作業時の機能】 -VE手法の第1次レベル	制約条件	接合関係	部材の機能定義 -VE手法の第2次レベル
コンクリート壁	空間の仕切りをし、床などを支える構造体の荷重を基礎から地盤に伝える。 【接着剤の塗る面を与える。】	接着力を確保するためにコンクリート壁を十分に乾燥させる。	石膏系接着剤	空間を区画する。 構造体の荷重を地盤に伝える。 接着面を与える。
石膏系接着剤	コンクリート壁と石膏ボードを接合する。 【コンクリートの不陸の調整作業なく、石膏ボードの接着ができる。】	接着力を増加させるために、ダンゴ状の接着剤にコデ圧をかけて塗りつけ、接着面が緻密にさせる。	コンクリート壁 石膏ボード	コンクリート壁と石膏ボードを接着させる。 コンクリートの不陸の調整作業をなくす。
石膏ボード	コンクリート壁に下地を与え、壁の表面の不陸をなくす。 【壁の面の平滑さを保つために墨線の上下左右のレベルに合わせる。】	墨線を確認しながら石膏ボードの接合のレベルを合わせ、壁面の平滑さを保つ。	石膏系接着剤 壁クロス	コンクリート壁に下地を与える。 コンクリート壁の表面の不陸をなくす。 壁仕上げの面を与える。
壁クロス	壁の見栄えをよくする。 【石膏ボードと壁クロスの間に空気層が発生しないように壁クロスを密着させる。】	石膏系接着剤が十分に乾燥したことを確認した後、壁クロスを接着する。	石膏ボード	壁の見栄えをよくする。 壁の仕上げをする。

表. 3. 2. 1 のように対象となるモノの部材毎に分解し、機能定義をすることにより、その対象の部材の一つ一つが果たしている「機能（働き）」を正しく把握することによって対象の持つ機能の明確化ができる。モノの持つ機能の記述の方法は、基本的に名詞と動詞によって『…を～する』という形式で表現する。例えば、鋼製天井下地の「インサート」の果たすべき機能は「(コンクリート床板、或は、デッキ等に) ネジ穴を設ける」ことである。その際、留意することとしてはその「モノ」が意図されている特定の機能（働き）を正確に定義すること、機能を「モノ」の立場から定義すること等が必要である。

また、機能定義の方法である名詞と動詞で表現することによって、「モノ」の果たすべき機能が明確に表現でき、「モノ」を機能という観点からとらえることによってその「モノ」の役割の把握が明確と

なる。図.3.2.8は、表.3.2.1に基づく石膏ボードを用いた壁仕上げ作業の部材間の接合関係を示し、部材間の機能関係を構造図で表したものである。これらの機能関係からそれぞれの部材の役割が明確となる。以上の手順によって、石膏ボードを用いた壁仕上げ作業の部材を明確に示し、それらの関係性と機能を把握することができた。

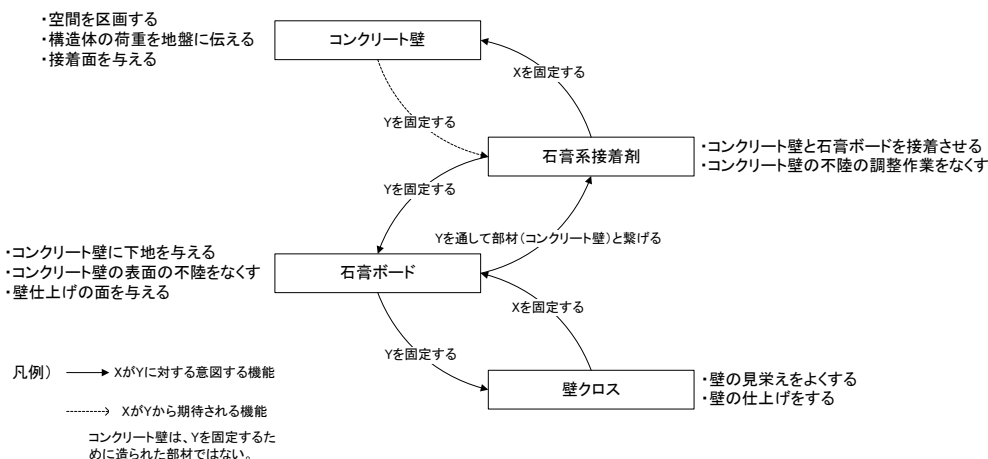


図.3.2.8 鋼製天井下地を用いた天井工の部材間の接合関係と機能

### 3.2.2. 部材間の接合の順序関係

建築工事における部材間の接合行為を行う際、以下のような大きく2つの接合の順序関係がある。ただし、部材間の接合の方向性は考慮しないこととする。

#### A. 部材間を順次接合する順序関係

各部材を一つずつ順次接合する順序関係である。まず、最初に組み立てる部材と部材を接合し、接合された部材に次の部材を順次接合していき、その繰り返しによって完成部材(部位)が出来上がる。

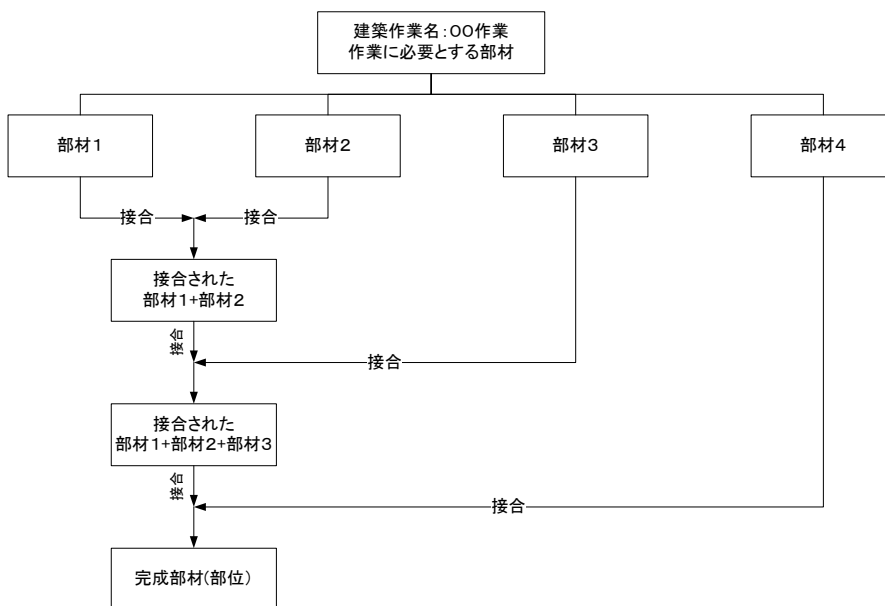
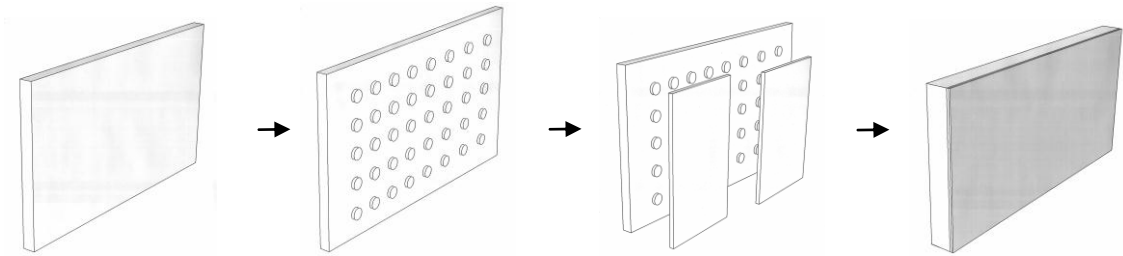
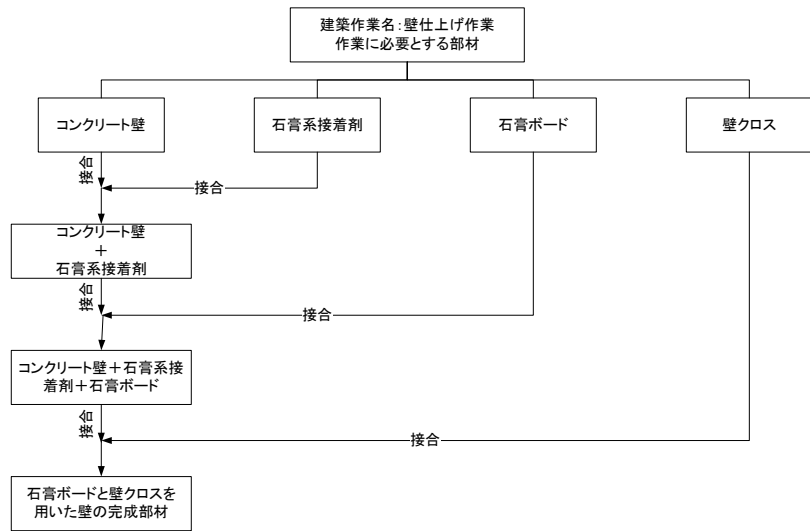
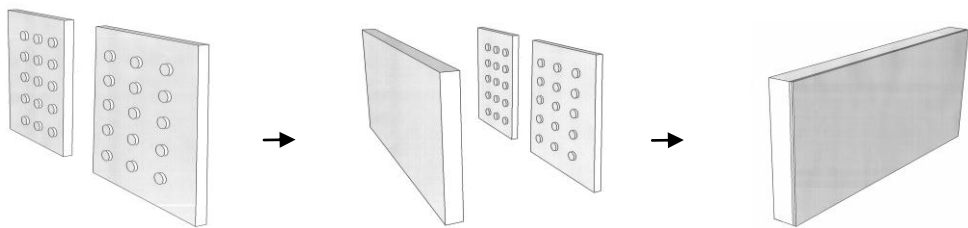
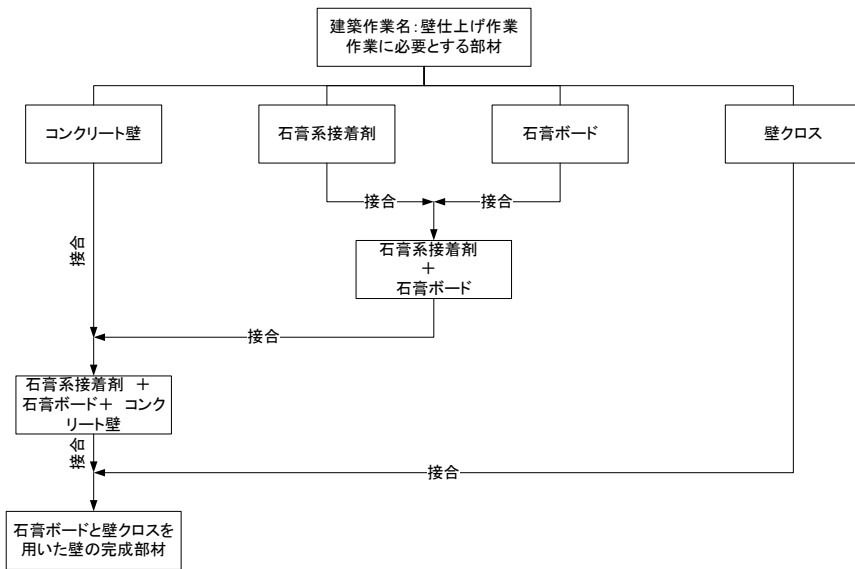


図.3.2.9 部材間を順次接合する順序関係



コンクリート壁      コンクリート壁+石膏系接着剤      コンクリート壁+石膏系接着剤+石膏ボード      石膏ボードと壁クロスを用いた壁部材



石膏系接着剤+石膏ボード      コンクリート壁+石膏系接着剤+石膏ボード      石膏ボードと壁クロスを用いた壁部材

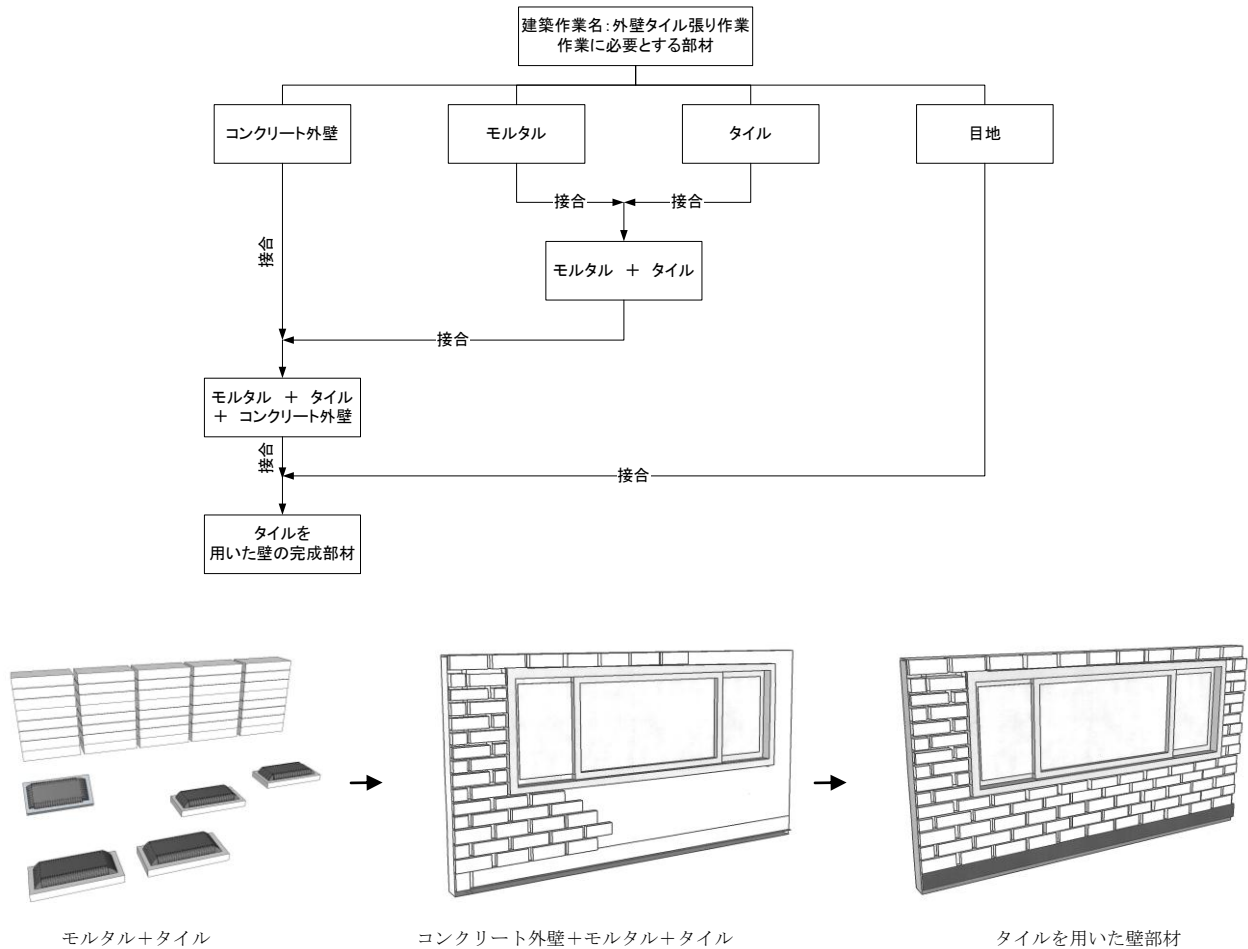


図. 3. 2. 10 部材間の順次的に接合する順序関係の事例  
(石膏ボードと壁クロスを用いた壁部材とタイルを用いた壁部材)

B. 部材間、別々に接合した後、接合された部材間に接合する順序関係

一部の部材と部材を接合し、又、他の一部の部材と部材を接合し、それぞれの接合された部材を接合する順序関係である。

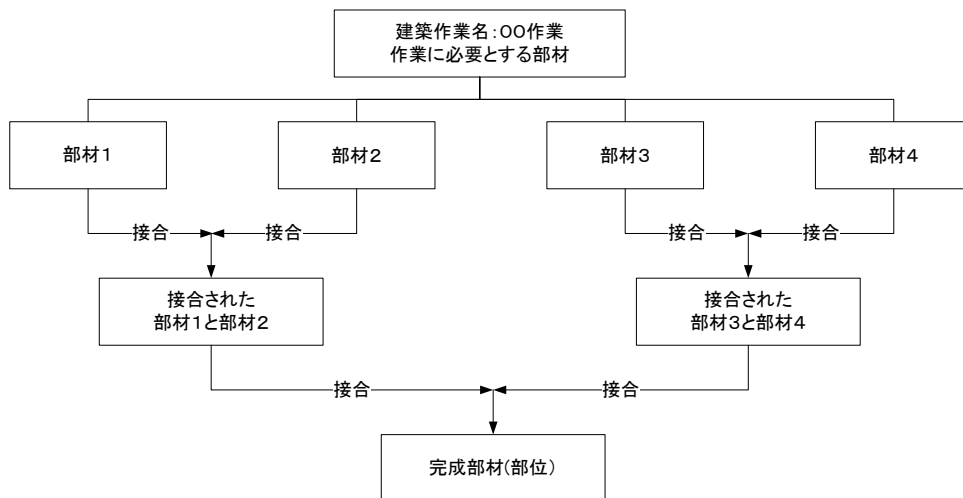
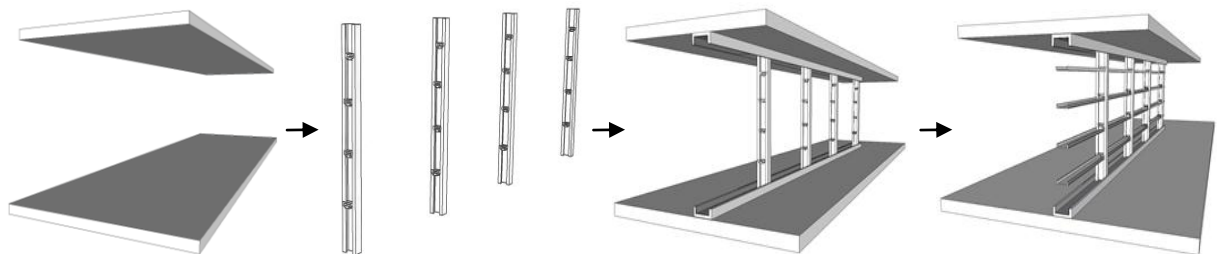
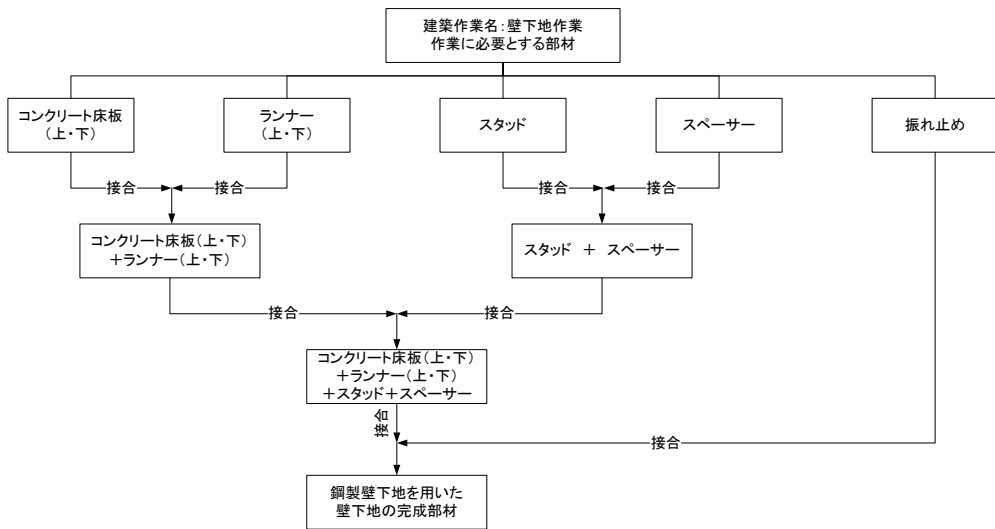
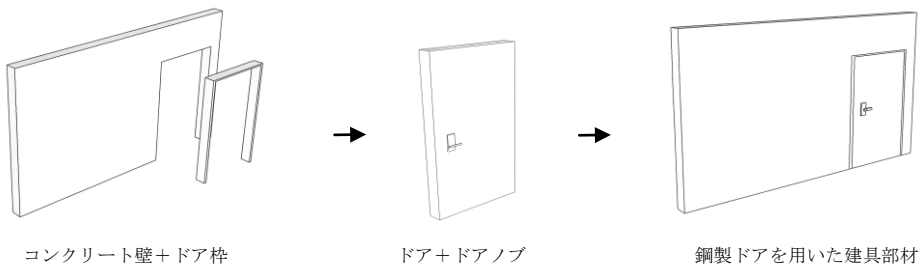
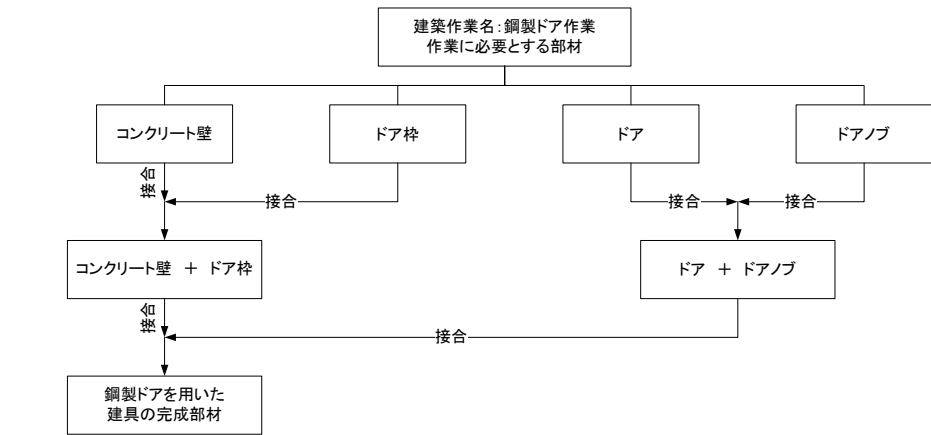


図. 3. 2. 11 部材間、別々に接合した後、接合された部材間に接合する順序関係



コンクリート床板 (上・下)      スタッド+スペーサー      コンクリート床板 (上・下) +ランナー      鋼製壁下地を用いた壁下地部材  
+ランナー (上・下)      (上・下) +スタッド+スペーサー

図. 3. 2. 12 部材間、別々に接合した後、接合された部材間に接合する順序関係の事例  
(鋼製ドアを用いた建具部材(上)と鋼製壁下地を用いた壁下地部材(下))

### 3.2.3. 部材間の接合の優先順位

作業を行うために、部材間の接合行為の順序関係を効率的に計画する必要がある。そして、建築施工段階における作業者の役割としては、設計図書に示される完成した姿を具現化することである。そのため、指定された部材の性質を変えず、作業プロセスの検討を行い、作業プロセスをどのように計画するのが重要となる。そこで、作業プロセスを検討するために、部材間の接合手順の組み合わせの条件、接合行為の作成方法、行為を用いた作業プロセスの表現、作業の優先順位について以下のように述べる。

#### A. 部材間の接合手順の組み合わせの条件

##### 1) 接合行為による条件

- ①部材と部材が離れた場合は接合作業ができない。この場合は中間の媒体となる部材が存在する必要があり、場合によっては、接合するための幾つかの部材が必要とされる場合もある。
- ②部材と部材の接合作業は優先順位に従う。

##### 2) 部材と部材を接合するための優先順位条件

接合作業による優先順位条件として、接合作業の生産性を高めることに着眼点とし、部材間の優先順位を決める。そこで、優先順位を決めるために AHP (Analytic Hierarchy Process) 手法<sup>2)</sup>を用いることとし、評価項目の選定が必要である。

##### 3) 部材間の接合作業のプロセスの記述条件

- ①部材と部材の配置は順序的に配置して記述する。
- ②接合の順番により接合手順図を書く際、接合によって部材が部位になった場合、矢印をその部材のところまで線を引くこととする。

#### B. 部材間の接合行為の作成方法

本研究での完成部材(部位)とは、設計図書に書かれている最終的な完成物を造るための一つの部位の形である。即ち、下記の図. 3.2.13 のように本研究では、建築におけるある目的(機能)を果たすために部材と部材を接合し、それらによって完成部材(部位)ができ、さらに各完成部材(部位)の接合によってある最終的な完成物が生まれることであり、図. 3.2.14 はその事例である。ただし、鋼製天井下地を用いた天井部材・石膏ボードを用いた壁部材・鋼製床下地を用いた床部材が完成部材(部位)となるためには、コンクリート躯体との接合が必要である。

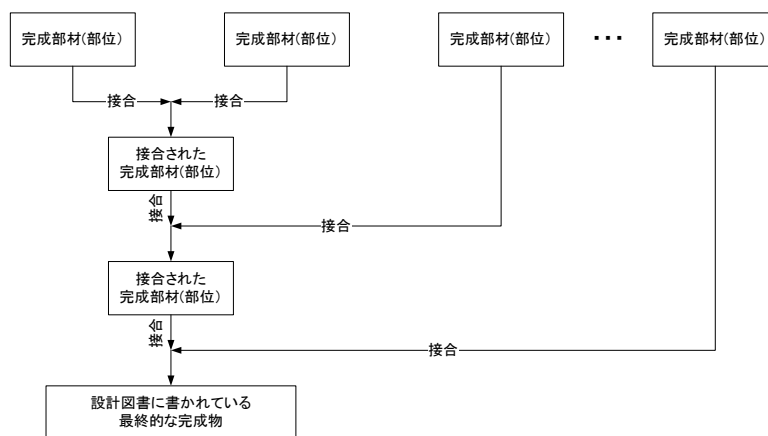


図. 3.2.13 完成部材(部位)の接合による最終的な完成物の概念図



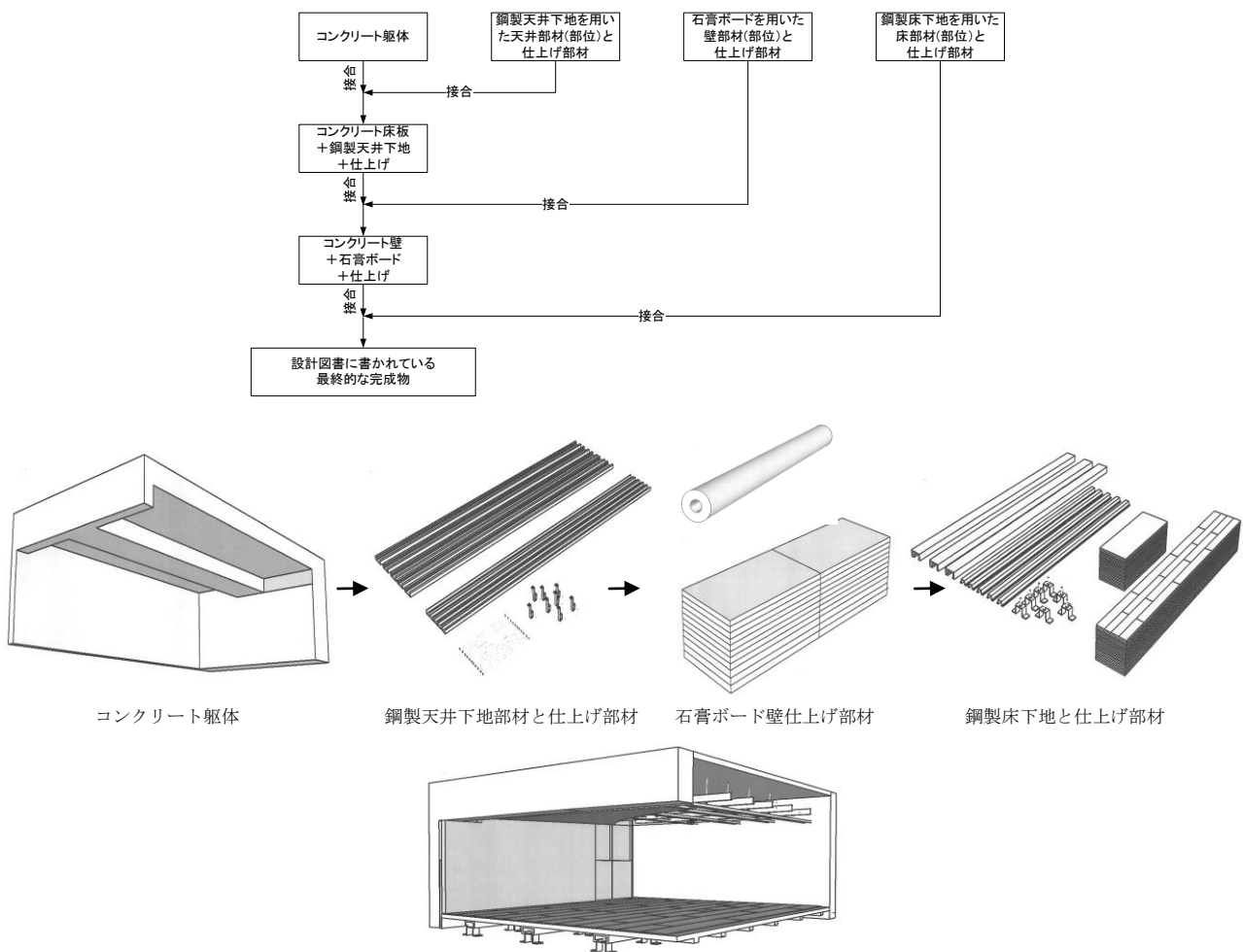


図. 3. 2. 14 空間を造るための完成部材の接合による最終的な完成物の事例

### C. 行為を用いた作業プロセスの表現

作業前の状態から行為によって作業後の状態となる。これらを表現することによって、部材がどのように変化されるのかが把握できる。例えば、状態である「インサートが存在している」、「吊りボルトが存在している」を作業者の接合の行為によって、「インサートと吊りボルトが接合されている」状態に変化される。図. 3. 2. 15 は、石膏ボードと壁クロスを用いた壁仕上げ作業のプロセス図を示す。

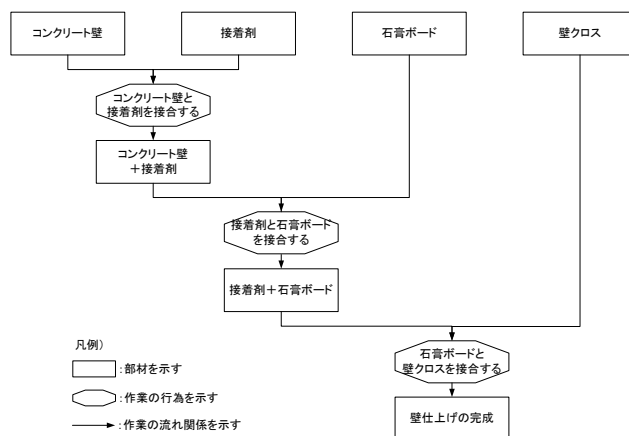


図. 3. 2. 15 石膏ボードと壁クロスを用いた壁仕上げ作業接合順序図

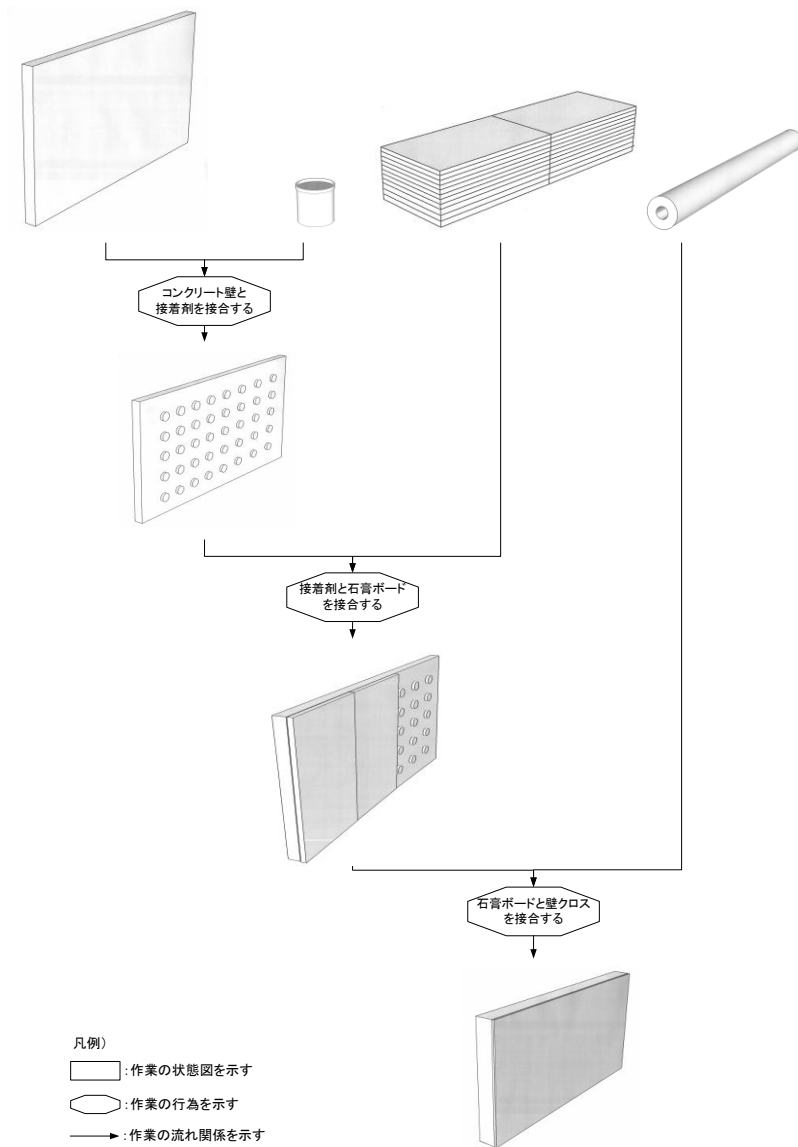


図. 3. 2. 16 石膏ボードと壁クロスを用いた壁仕上げ作業の接合順序図

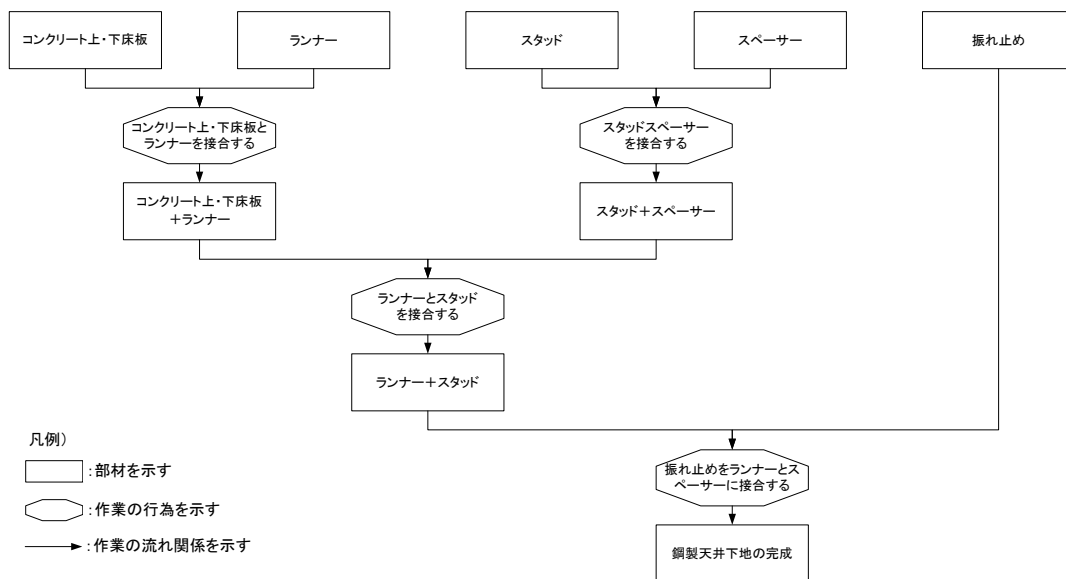


図. 3. 2. 17 鋼製壁下地を用いた壁下地作業の接合順序図

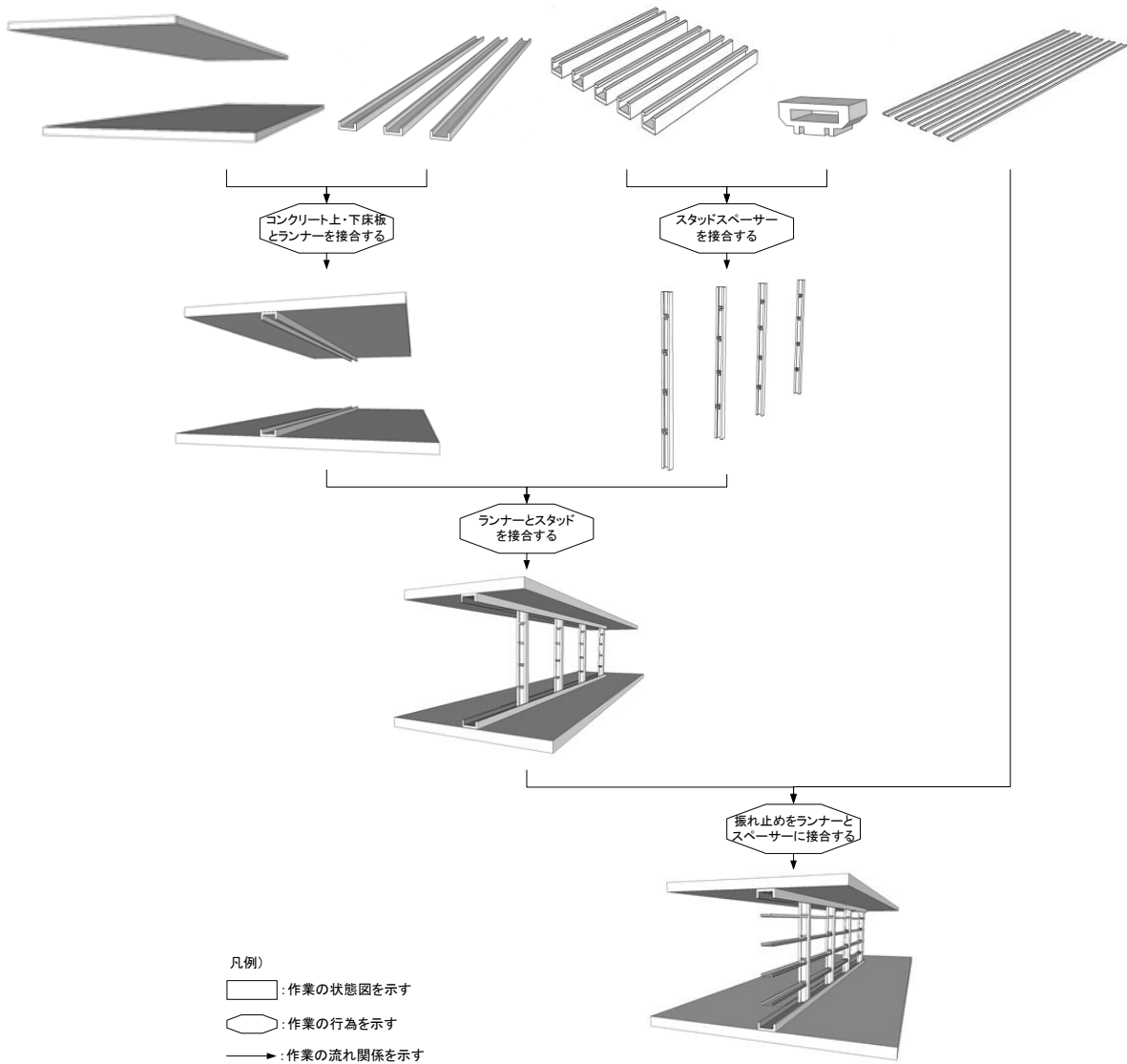


図. 3. 2. 18 鋼製壁下地を用いた壁下地作業のプロセス

#### D. 優先順位

図. 3. 2. 18 は、壁の仕上げのための石膏ボードと壁クロスを用いた部材間の接合を示す。この図. 3. 2. 18 から壁の仕上げをするための壁仕上げ作業の部材間の作業手順を提案する。そのためには、まず、接合手順の数を求める必要がある。作業手順の数を求めるためには、次のようとなる。n 個の作業があり、それらの作業手順の数を求める。n 個の作業手順を求める数は、

注) ( ): 接合の意味

作業手順の数を  $f(n)$  とすると

i) n が 2 個の場合、

部材を A、B とすると  $(AB) = f(2) = 1$  個

ii) n が 3 個の場合、

部材を A、B、C とすると  $((AB)C) \text{ or } (A(BC)) = f(3) = 2 \times 1 = 2$  個

iii) n が 4 個の場合、

部材を A、B、C、D とすると  $((AB)CD) \text{ or } (A(BC)D) \text{ or } (AB(CD)) = f(4) = 3 \times 2 = 6$  個

iv)  $n$  が 5 個の場合、

部材を A、B、C、D、E とすると ((AB) CDE) or (A (BC) DE) or (AB (CD) E) or (ABC (DE))

=  $f(5) = 4 \times 6 = 24$  個から

$f(n) = 1, 2, 6, 24 \dots$

$f(n) = (n - 1) !$  ----- (4. 2. 1)

(4. 2. 1) の式から 4 個の部材である作業の作業手順の数を求めると、

$f(5) = (4 - 1) ! = 6$  個の作業手順が存在する。

6 個の作業手順の内、最適な接合手順を決めるためには部材間の接合の優先順位を決める必要があり、本研究では、AHP 手法を用いて順位を決めることとした。そのためには、以下の手順が必要となる。

- ① 行う作業とそれに必要とする部材を記述する。
- ② 作業計画を立てる計画者の最終的な目的を決める (レベル 1)。
- ③ 最終的な目的を達成するための評価項目を決める (レベル 2)。
- ④ 部材間の接合の項目を記述する。ただし、部材間の接合の項目の内、作業的に前段階の接合作業が行っていない場合に、作業としての効率性がよくないと判断される部材間の接合の項目は “×” の表記をし、AHP 手法による評価対象には除く事とする。また、それ以外は “○” と “△” の表記をし、評価対象となる (レベル 3)。
- ⑤ 最終的な目的に対する各評価項目との一対比較を行い、それぞれの重要度を算出する (レベル 1 とレベル 2 の一対比較を行う)。
- ⑥ 各評価項目に対する部材間の接合の項目との一対比較を行い、それぞれの重要度を算出する (レベル 2 とレベル 3 の一対比較を行う)。
- ⑦ 各レベルの重要度を乗じて全体の重要度を算出する (レベル 2 とレベル 3 を乗じる)。
- ⑧ 算出した重要度の数値が高い順に順位を決める。

以上の手順に従って、各部材の接合の優先順位を決める。図. 3. 2. 19 は、AHP 手法における各レベル事となっている階層構造の概念である。

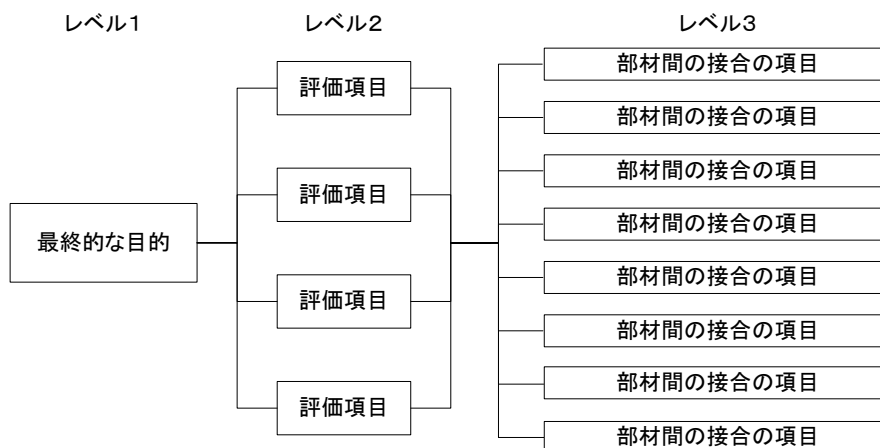


図. 3. 2. 19 AHP 手法における階層構造の概念

また、AHP 手法を用いた評価項目と部材の重要度の数値の算出が終わった後、部材間の接合の方法としては、次のようである。ただし、部材 5 は AHP 手法による評価対象の外とする。

①部材間の接合の優先順位が高い順から接合する。

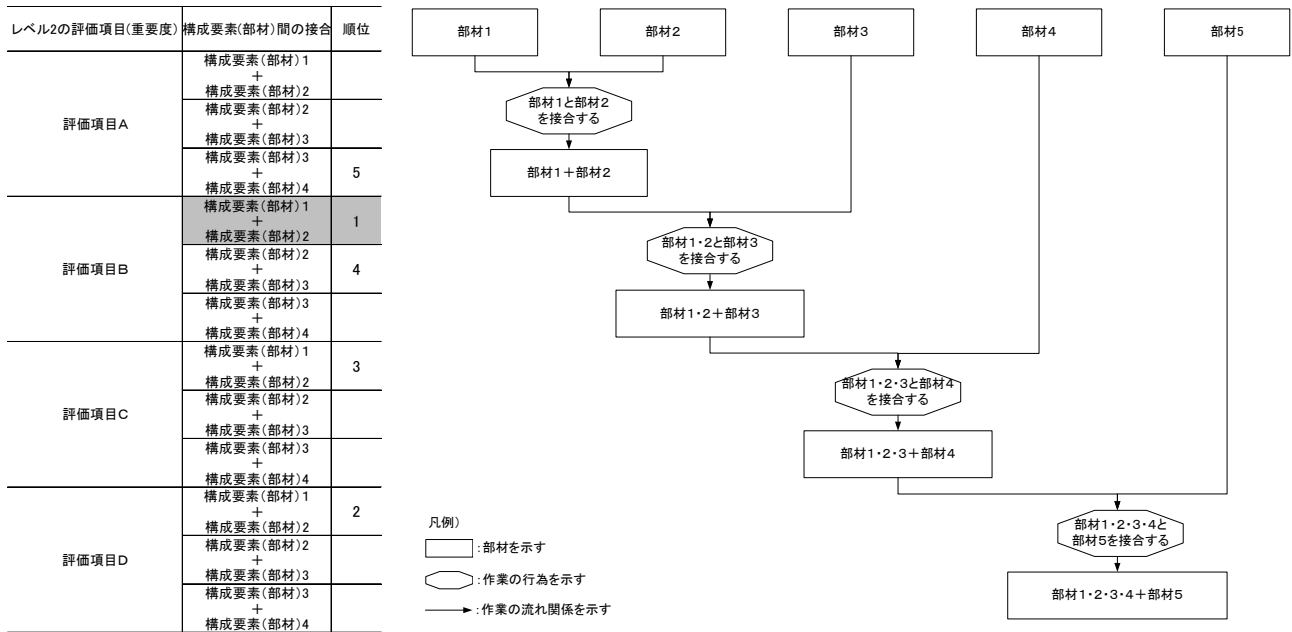


図. 3. 2. 20 部材間を順次接合する順序関係

②異なる部材間の接合において、優先順位が同じである場合は、それぞれの接合を同時にする。ただし、隣接している部材間の接合が同じ順位となった場合は、全体の重要度の数値から次の重要度の数値が高い方を先として接合する。

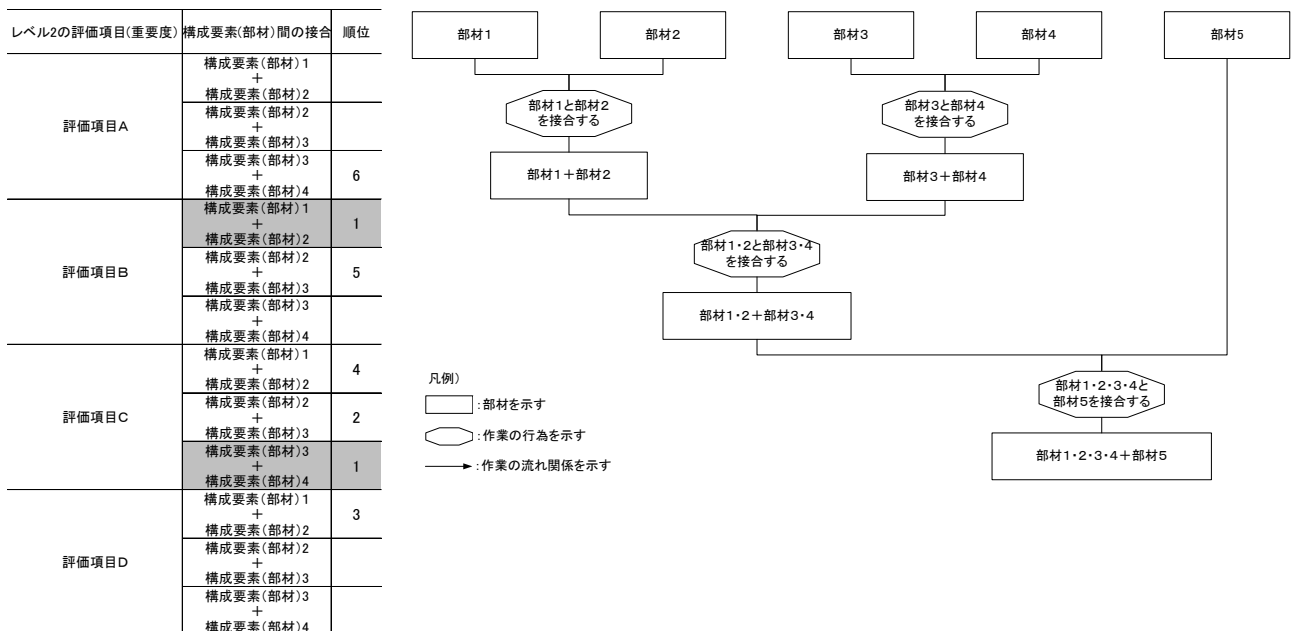


図. 3. 2. 21 部材間、別々に接合した後、接合された部材同士接合する順序関係

③部材間の接合の優先順位によって接合した部材のまとまりと、部材間の接合としての判断(レベル 3)において、AHP 手法を用いた評価の対象となったが、優先順位が高い部材間の接合に含まれなかった部材(部材 3、部材 4)は、順序通り(理屈的な判断で)に接合する。

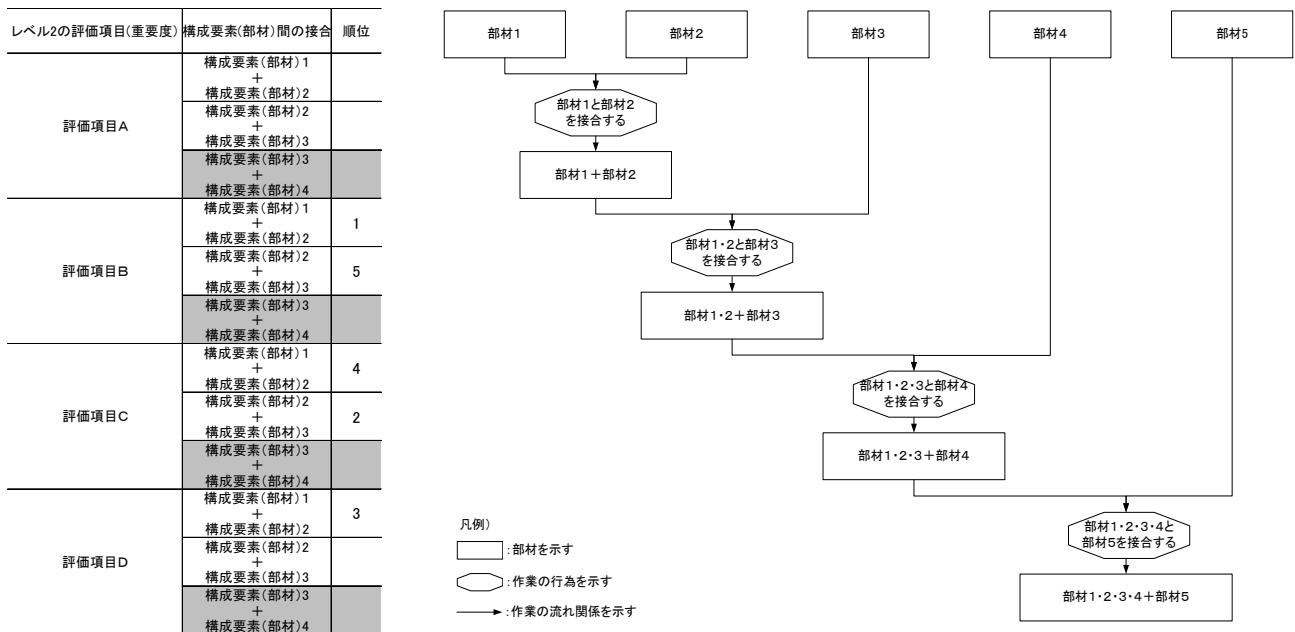


図. 3. 2. 22 部材間を順次接合する順序関係

④部材間の接合としての判断(レベル 3)において、AHP 手法を用いた評価の対象とならなかった部材(部材 5)の接合は、優先順位の高い部材間の接合の後、順序通り(理屈的な判断で)に接合する。

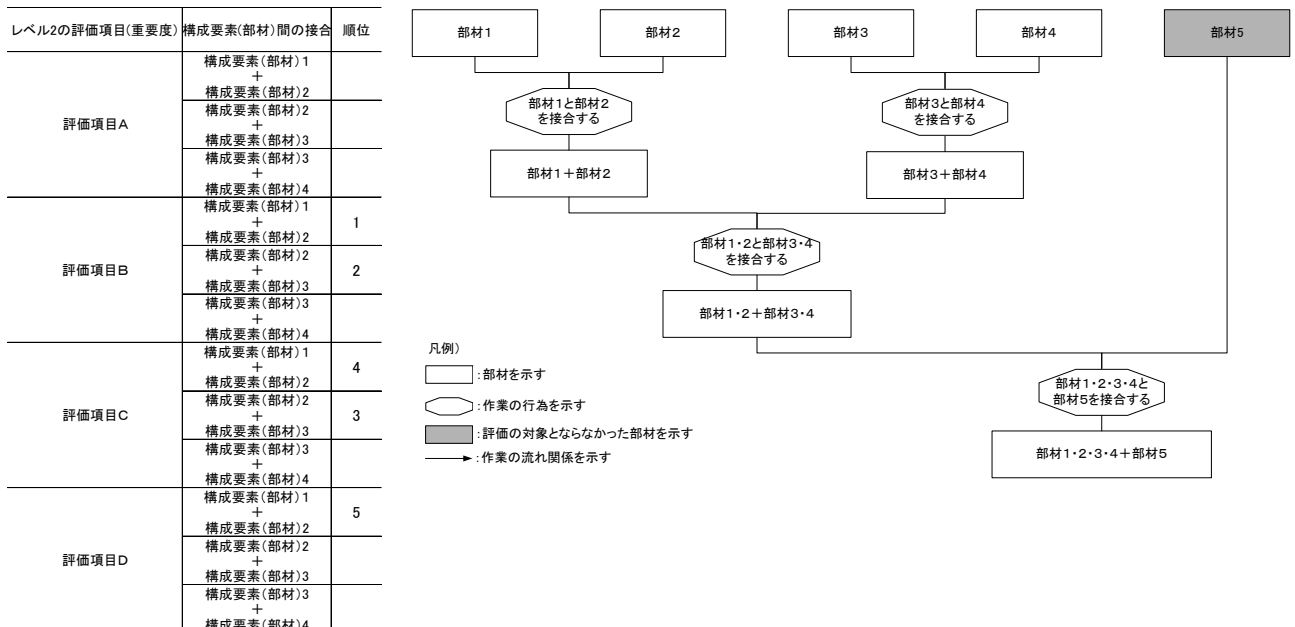


図. 3. 2. 23 部材間、別々に接合し、接合された部材同士接合する順序関係

石膏ボードを用いた壁仕上げ作業の順序関係を把握するために、下記の図. 3. 2. 24 のように、“壁仕上げ作業のための必要とする部材”を示す。

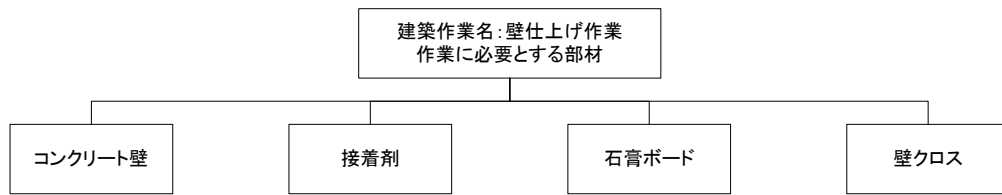


図. 3. 2. 24 壁仕上げ作業のための部材

作業の生産性を高めるための評価項目として作業の無理、作業の無駄、作業のむら、作業の利便とした。作業の無理は、作業を行う際に物理的に無理な作業に対する評価項目である。例えば、コンクリート床板のインサートを動かして吊りボルトに接合することなどがある。作業の無駄は、作業を行う際に不要な作業が生じる場合に対する評価項目である。例えば、1回で済む作業を2回に分けて作業を済ませるような不要な作業数が増えることなどがある。作業のむらは、作業を行う際に不安定な作業方法により出来高がよくない場合に対する評価項目である。例えば、吊りボルトにすべての鋼製天井地材を接合してから、それをインサートへ接合することなどがある。作業の利便は、部材間の接合の際、作業者の接合作業の省力性に対する評価項目である。例えば、重い部材を持ち上げて軽い部材に接合させるより、軽い部材を重い部材の方に接合させるなどがある。

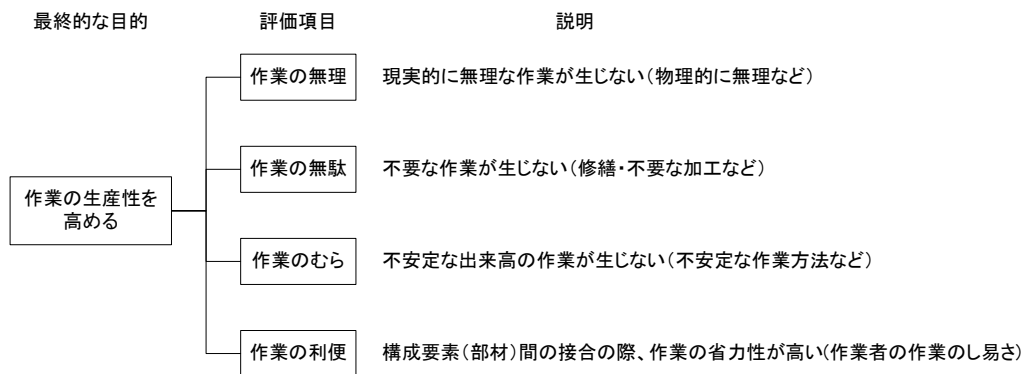


図. 3. 2. 25 接合作業の最終的な目的および評価項目

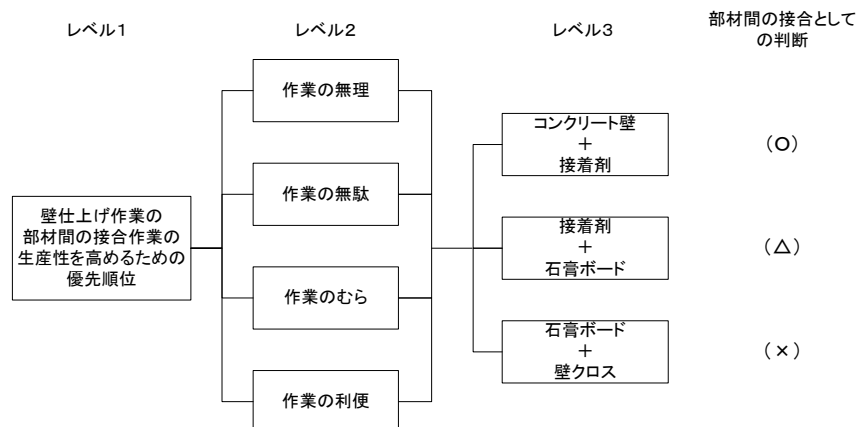


図. 3. 2. 26 壁仕上げ作業の部材間の接合の優先順位を選定するための評価項目と部材間の接合

表. 3. 2. 2 は、評価の際、点数付けのための評価尺度の目安で、この目安を基準として各項目間の関連強度の点数付けを Thomas. L. Saaty<sup>3)</sup> が提案した一対比較の評価尺度(9点に近いほどきわめて重要で、1

点に近いほど同じくらい重要である)を用いて行い、基礎データを作成した。AHP 評価のために、ソフトウェアとして Expert Choice を用いることとした。

表. 3. 2. 2 一対比較の評価尺度

重要度の尺度	定義
1	同じくらい重要
3	やや重要
5	かなり重要
7	非常に重要
9	きわめて重要
2, 4, 6, 8点は中間点とする	

表. 3. 2. 3 「壁仕上げ作業の部材間の接合作業の生産性を高める」に対するレベル 2 の重要度

	作業の無理	作業の無駄	作業のむら	作業の利便	重要度
作業の無理	1	5	2	3	0.09
作業の無駄	1/5	1	1/3	1/2	0.48
作業のむら	1/2	3	1	2	0.16
作業の利便	1/3	2	1/2	1	0.27
CI=0.01					

表. 3. 2. 4 壁仕上げ作業の部材間の「無理」に対する重要度

	コンクリート壁+接着剤	接着剤+石膏ボード	重要度
コンクリート壁 + 接着剤	1	1/3	0.75
接着剤 + 石膏ボード	3	1	0.25
CI=0.00			

表. 3. 2. 5 壁仕上げ作業の部材間の「無駄」に対する重要度

	コンクリート壁+接着剤	接着剤+石膏ボード	重要度
コンクリート壁 + 接着剤	1	1/4	0.80
接着剤 + 石膏ボード	4	1	0.20
CI=0.00			

表. 3. 2. 6 壁仕上げ作業の部材間の「むら」に対する重要度

	コンクリート壁+接着剤	接着剤+石膏ボード	重要度
コンクリート壁 + 接着剤	1	1/4	0.80
接着剤 + 石膏ボード	4	1	0.20
CI=0.00			

表. 3. 2. 7 壁仕上げ作業の部材間の「利便」に対する重要度

	コンクリート壁+接着剤	接着剤+石膏ボード	重要度
コンクリート壁 + 接着剤	1	1/5	0.83
接着剤 + 石膏ボード	5	1	0.17
CI=0.00			



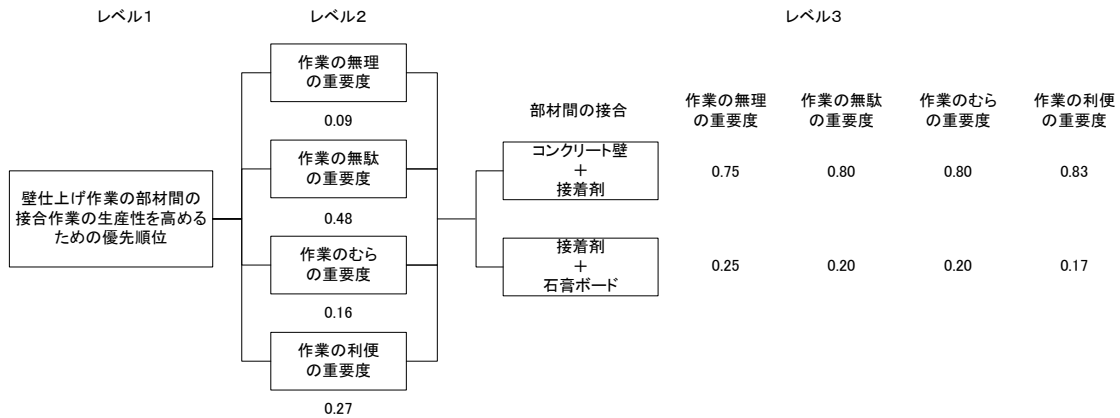


図. 3. 2. 27 壁仕上げ作業の部材間の接合の優先順位を選定するための評価項目に対する部材間の重要度

表. 3. 2. 8 評価項目と部材の重要度の算出結果

構成要素(部材)間の接合方法	レベル2の評価項目(重要度)								合計	順位
	作業の無理(0.09)	作業の無駄(0.48)	作業のむら(0.16)	作業の利便(0.27)	作業の無理(0.09)	作業の無駄(0.48)	作業のむら(0.16)	作業の利便(0.27)		
コンクリート壁+石膏系接着剤	$0.09 \times 0.75$	0.068	$0.48 \times 0.80$	0.384	$0.16 \times 0.80$	0.128	$0.27 \times 0.83$	0.224	0.804	1
石膏系接着剤+石膏ボード	$0.09 \times 0.25$	0.023	$0.48 \times 0.20$	0.096	$0.16 \times 0.20$	0.032	$0.27 \times 0.17$	0.046	0.197	2

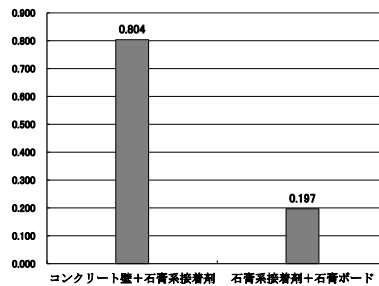


図. 3. 2. 28 壁仕上げ作業における部材間の接合に対する重要度の分布

評価項目と部材の重要度によって「コンクリート壁と接着剤」が優先順位1位と選ばれた。その基に作業プロセスを作成すると図. 3. 2. 29 となる。

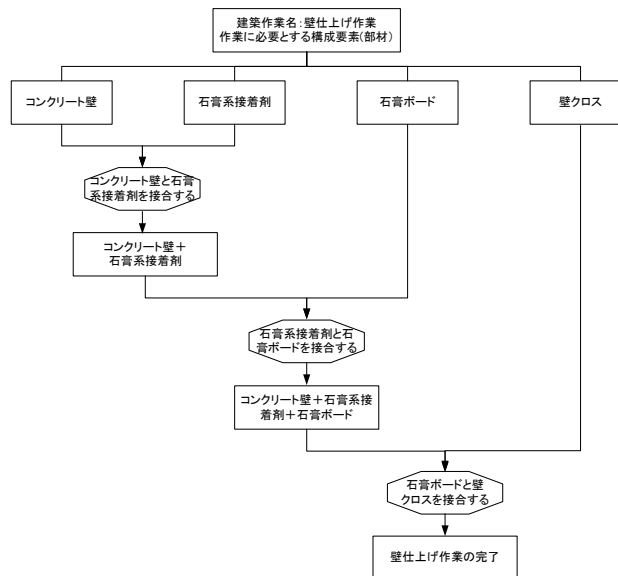


図. 3. 2. 29 石膏ボードを用いた壁仕上げ作業の接合順序図

### 3.3. 鋼製天井下地・壁下地作業における適用

#### 3.3.1. 鋼製天井下地作業の分析

作業プロセスを作成するためには、まず、行う作業を分析する必要がある。そのためには、作業を行う対象の部材を把握し(図. 3.3.1)、その部材の機能を把握(表. 3.3.1)および接合関係(図. 3.3.2)を示した。

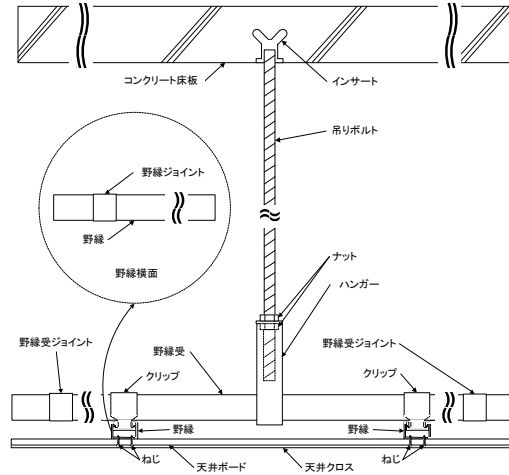


図. 3.3.1 鋼製天井下地の部材の名称

表. 3.3.1 鋼製天井下地の部材の機能分析

部材	部材が果たす完成時の機能 【部材が果たす作業時の機能】 —VE手法の第1次レベル—	制約条件	接合関係	部材の機能定義 —VE手法の第2次レベル—
コンクリート天井スラブ	コンクリート躯体として床荷重を梁に伝え、力を分散させる。 【インサートを包み込む。】	インサートを下から引っ張ってもインサートが抜けないようにする。	インサート	インサートの接合箇所を与える 横軸の面を与える
インサート	コンクリートにしっかり固定して引き抜けに対抗し、コンクリート床板下部にネジ穴を形成する。 【コンクリート床板にネジ穴を設ける。】	インサートの下部の接合部位の空洞にセメントペーストの流入を防止する。	コンクリート天井スラブ 吊りボルト	吊りボルトの荷重をコンクリート床板に伝える 吊りボルトの接合箇所を与える
吊りボルト	吊りボルトの上部にはインサートと接合して固定し、下部は所定の位置まで下がった所に接合部位を与える。 【インサートへの接合と吊り下げ部材との接合を仲介することによって、それぞれの接合作業の時間・空間的な間隔を生み出す。】	吊りボルト下部とハンガー上部の接合部位が所定の長さ調整が出来るようにする。	インサート ナット ハンガー	ハンガーの荷重をインサートに伝える コンクリート天井スラブから下がった所定の位置に接合箇所を与える 空間を形成するための縦長さを与える
ナット	吊りボルトとハンガーを接合する。 【吊りボルトとハンガーの接合しやすくする】	吊りボルト下部とハンガー上部の接合部位が所定の長さ調整が出来た後、しっかり固定する。	吊りボルト ハンガー	ハンガーの荷重を吊りボルトに伝える 吊りボルトとハンガーを接合させる
ハンガー	ハンガーの上部は吊りボルトと接合して固定し、下部は野線受との接合部位を与える。 【ハンガーのナットでレベルを調整する。】	ハンガー下部の野線受との接合部位は野線受を落さないようにする。	吊りボルト 野線受	野線受の荷重を吊りボルトに伝える 吊りボルトと野線受を繋げるために接合箇所を与える 吊りボルトと野線受を接合させる
野線受	野線の荷重を支える。 野線を一定の間隔で配置できるように部位を与える。 【野線の安定さを図る。】	野線受の配列方向は、一方向としてハンガーに接合する。	野線	野線の荷重をハンガーに伝える 野線の接合箇所を与える 空間を形成するための横長さを与える
クリップ	野線受と野線を接合して交差させる。 【工具を使用せず、野線受と野線を接合できる。】 【クリップで野線ピッチを調整する。】	野線受と野線との繋げる時にクリップが荷重で変形し、落さないようにする。	野線受 野線	野線の荷重を野線受に伝える 野線受と野線の接合箇所を与える 野線受と野線を接合する
野線	天井ボードと接合部位を与える。 天井ボードの荷重を支える。 【クリップの位置移動をスムーズにさせる。】	野線受に直交して取り付けように配置する。 野線の端部は、必ず躯体まで届かせる。	天井ボード	天井ボードの荷重を野線受に伝える 天井ボードを張り付けるために接合箇所を与える 空間を形成するための横長さを与える
ねじ	野線と天井ボードを接合する。 野線受と野線受ジョイントを接合する。 野線と野線ジョイントを接合する。 【固定時にドライバーを使用することによって各部材に負担が掛からない。】 【固定時に騒音が発生しにくい。】	めねじが変形しないようにする。	野線と天井ボード 野線受と野線受ジョイント 野線と野線ジョイント	天井ボードの荷重を野線に伝える 野線と天井ボードを接合させる
天井ボード	天井クロスの張り付ける部位を与える。 【天井クロスを張りやすくする。】	天井の形を持たせるようにする。 天井クロスがよく付着することができる状態にする。 天井ボードの繋ぎ目が目立たない内容にする。	天井クロス	天井クロスの荷重を野線に伝える 天井クロスの接合箇所を与える 横長さを与える
天井クロス	室上部の見栄えを良くする。 【天井ボードを隠す。】	天井クロスを張る時に空気が入らないようにする。	—	室上部の見栄えを良くする 天井の仕上げをする

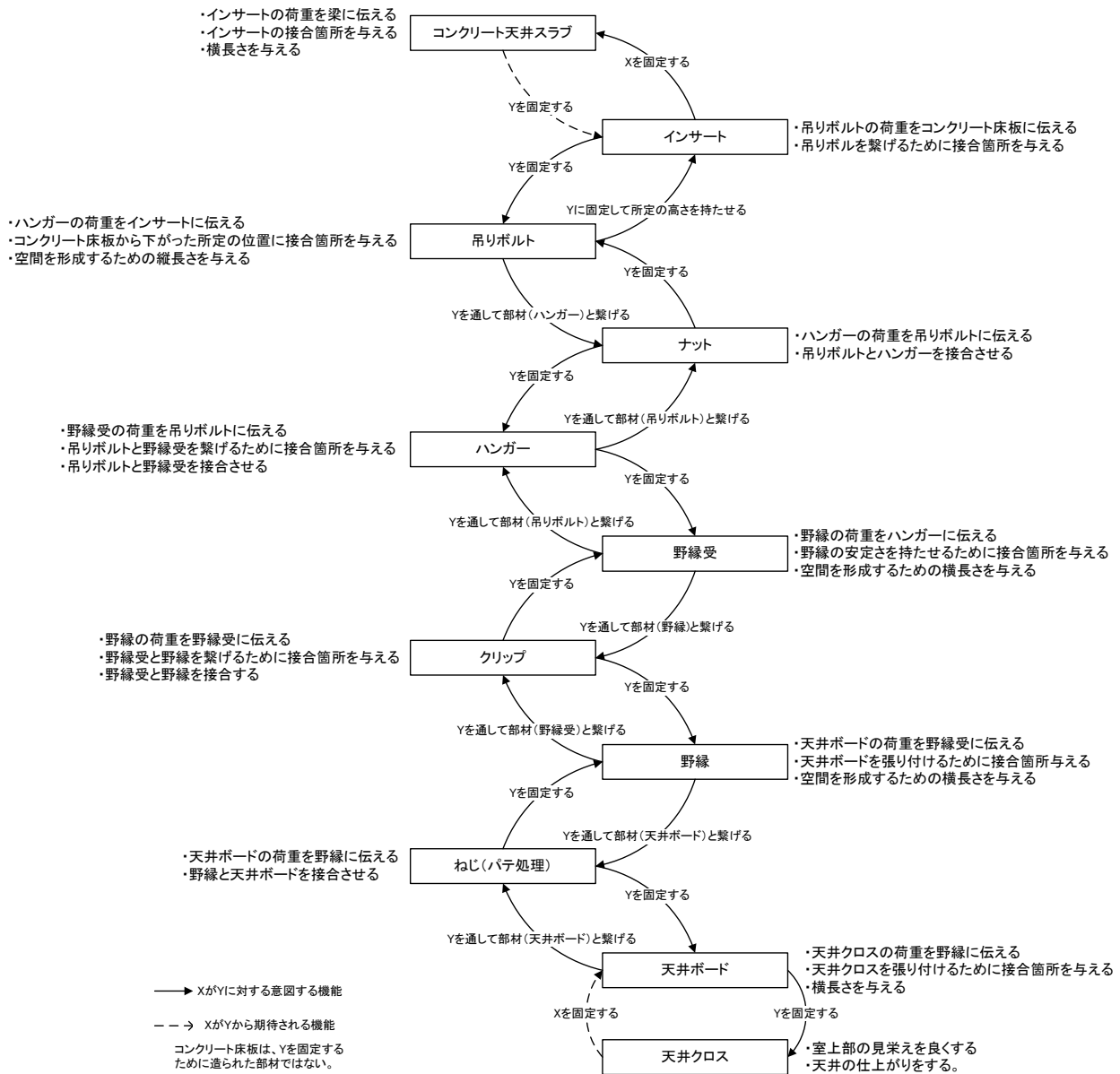


図. 3. 3. 2 鋼製天井下地の部材間の接合関係

### 3. 3. 2. 鋼製天井下地作業におけるマクロ的な接合の優先順位

鋼製天井下地作業を行うために、先に、必要とされる部材を記述し、作業の順序関係を決める必要がある。本研究ではAHP手法を用いて部材間の接合の優先順位を決めることとする。まず、接合関係の優先順位を評価する前に、理屈的に接合できない部材間を抽出し(図. 3. 3. 4)、優先順位の評価の対象外とする。そして、AHP手法を用いて評価項目と評価対象との得点付けによる重要度を求め(表. 3. 3. 2～表. 3. 3. 6、図. 3. 3. 5)、最終的に優先順位を決める(表. 3. 3. 7)。

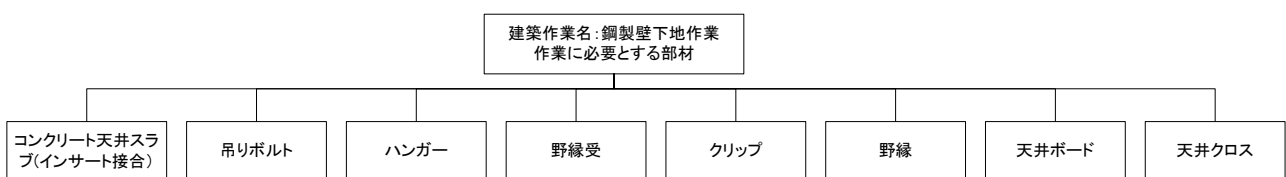


図. 3. 3. 3 鋼製天井下地作業のための部材

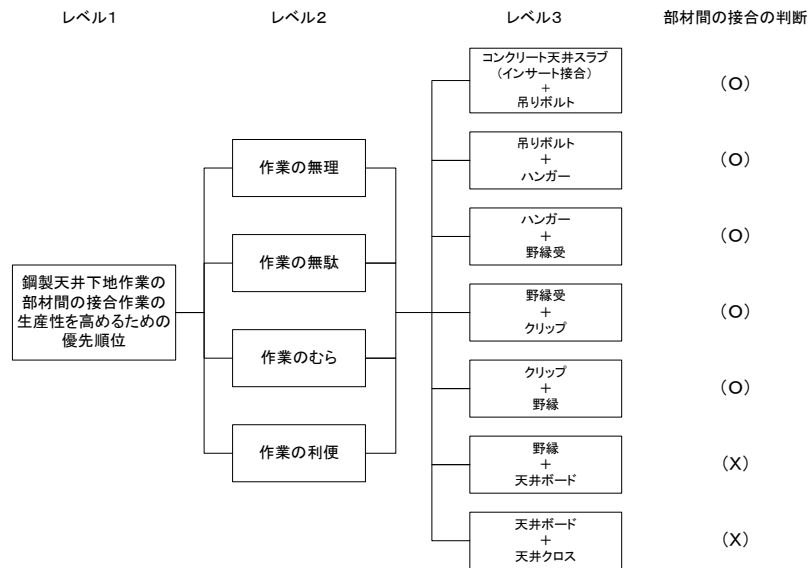


図. 3. 3. 4 鋼製天井下地作業の部材間の接合の優先順位を選定するための部材間の接合の判断

表. 3. 3. 2 「鋼製天井下地作業の部材間の接合作業の生産性を高める」に対するレベル2の重要度

	作業の無理	作業の無駄	作業のむら	作業の利便	重要度
作業の無理	1	5	2	3	0.09
作業の無駄	1/5	1	1/3	1/2	0.48
作業のむら	1/2	3	1	2	0.16
作業の利便	1/3	2	1/2	1	0.27
CI=0.01					

表. 3. 3. 3 鋼製天井下地作業の部材間の「無理」に対する重要度

	コンクリート天井スラブ(インサート接合)+吊りボルト	吊りボルト+ハンガー	ハンガー+野縁受	野縁受+クリップ	クリップ+野縁	重要度
コンクリート天井スラブ(インサート接合)+吊りボルト	1	1	1/4	1/2	1/2	0.31
吊りボルト+ハンガー	1	1	1/4	1/2	1/2	0.31
ハンガー+野縁受	4	4	1	2	2	0.08
野縁受+クリップ	2	2	1/2	1	1	0.15
クリップ+野縁	2	2	1/2	1	1	0.15
CI=0.00						

表. 3. 3. 4 鋼製天井下地作業の部材間の「無駄」に対する重要度

	コンクリート天井スラブ(インサート接合)+吊りボルト	吊りボルト+ハンガー	ハンガー+野縁受	野縁受+クリップ	クリップ+野縁	重要度
コンクリート天井スラブ(インサート接合)+吊りボルト	1	2	1/5	1/2	1/3	0.26
吊りボルト+ハンガー	1/2	1	1/7	1/4	1/5	0.46
ハンガー+野縁受	5	7	1	3	2	0.05
野縁受+クリップ	2	4	1/3	1	1/2	0.14
クリップ+野縁	3	5	1/2	2	1	0.09
CI=0.01						

表. 3. 3. 5 鋼製天井下地作業の部材間の「むら」に対する重要度

	コンクリート天井スラブ (インサート接合) + 吊りボルト	吊りボルト + ハンガー	ハンガー + 野縁受	野縁受 + クリップ	クリップ + 野縁	重要度
コンクリート天井スラブ (インサート接合) + 吊りボルト	1	1	1/7	1/3	1/4	0.36
吊りボルト + ハンガー	1	1	1/7	1/3	1/4	0.36
ハンガー + 野縁受	7	7	1	3	2	0.05
野縁受 + クリップ	3	3	1/3	1	1/2	0.14
クリップ + 野縁	4	4	1/2	2	1	0.09

CI=0.01

表. 3. 3. 6 鋼製天井下地作業の部材間の「利便」に対する重要度

	コンクリート天井スラブ (インサート接合) + 吊りボルト	吊りボルト + ハンガー	ハンガー + 野縁受	野縁受 + クリップ	クリップ + 野縁	重要度
コンクリート天井スラブ (インサート接合) + 吊りボルト	1	3	1/6	1/2	1/3	0.23
吊りボルト + ハンガー	1/3	1	1/8	1/4	1/6	0.51
ハンガー + 野縁受	6	8	1	3	2	0.05
野縁受 + クリップ	2	4	1/3	1	1/2	0.13
クリップ + 野縁	3	6	1/2	2	1	0.08

CI=0.01

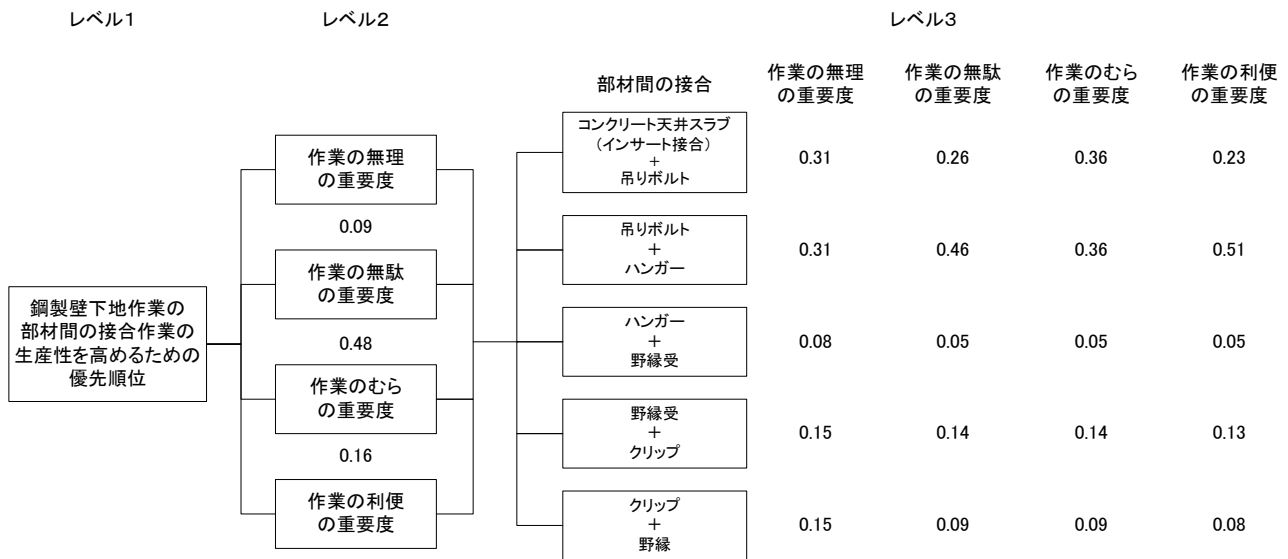


図. 3. 3. 5 鋼製天井下地作業の部材間の接合の優先順位を選定するための評価項目に対する接合方法の重要度

表. 3. 3. 7 に示すように、評価項目と部材の重要度によって「吊りボルトとハンガー」が優先順位 1 位と 2 位と選び、「コンクリート床板 (インサート接合) と吊りボルト」が優先順位 3 位となる。これを基にして優先順位通り接合を行った作業プロセスを作成すると下記の図. 3. 3. 6 となる。

表. 3. 3. 7 評価項目と部材の重要度による優先順位

レベル2の評価項目(重要度)	部材間の接合	レベル2とレベル3による重要度		順位
作業の無理 (0.09)	コンクリート天井スラブ(インサート接合) + 吊りボルト(0.31)	0.09*0.31	0.03	
	吊りボルト+ハンガー(0.31)	0.09*0.31	0.03	
	ハンガー+野縁受(0.08)	0.09*0.08	0.01	
	野縁受+クリップ(0.15)	0.09*0.15	0.01	
	クリップ+野縁(0.15)	0.09*0.15	0.01	
作業の無駄 (0.48)	コンクリート天井スラブ(インサート接合) + 吊りボルト(0.26)	0.48*0.26	0.12	3
	吊りボルト+ハンガー(0.46)	0.48*0.46	0.22	1
	ハンガー+野縁受(0.05)	0.48*0.05	0.02	
	野縁受+クリップ(0.14)	0.48*0.14	0.07	4
	クリップ+野縁(0.09)	0.48*0.09	0.04	9
作業のむら (0.16)	コンクリート天井スラブ(インサート接合) + 吊りボルト(0.36)	0.16*0.36	0.06	7
	吊りボルト+ハンガー(0.36)	0.16*0.36	0.06	7
	ハンガー+野縁受(0.05)	0.16*0.05	0.01	
	野縁受+クリップ(0.14)	0.16*0.14	0.02	
作業の利便 (0.27)	コンクリート天井スラブ(インサート接合) + 吊りボルト(0.23)	0.27*0.23	0.06	7
	吊りボルト+ハンガー(0.51)	0.27*0.51	0.14	2
	ハンガー+野縁受(0.05)	0.27*0.05	0.01	
	野縁受+クリップ(0.13)	0.27*0.13	0.04	9
	クリップ+野縁(0.08)	0.27*0.08	0.02	

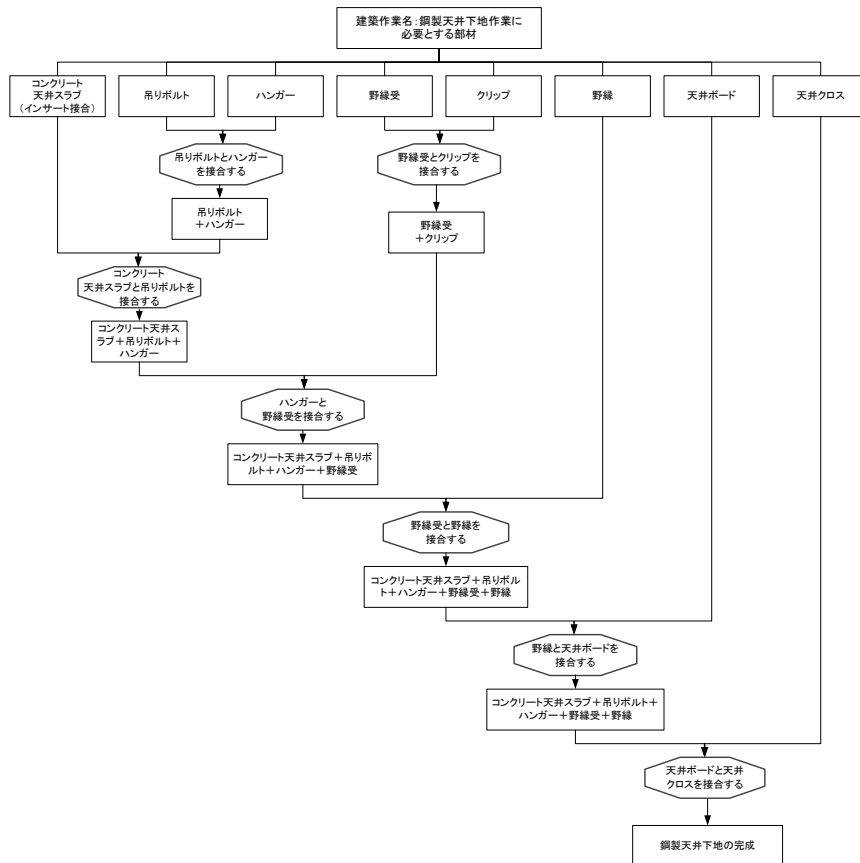


図. 3. 3. 6 鋼製天井下地作業の接合順序図

### 3.3.3. 鋼製壁下地作業におけるミクロ的な接合の優先順位

鋼製壁下地作業を行うために必要とする部材を図. 3.3.8 に示し、それらの作業を行うための、ミクロ的な接合の優先順位を決めることとした。そこで、接合行為の方法を用いてミクロ的な接合の優先順位を決めることができる。

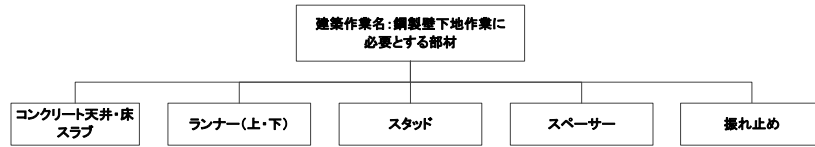


図. 3.3.7 鋼製壁下地作業に必要な部材

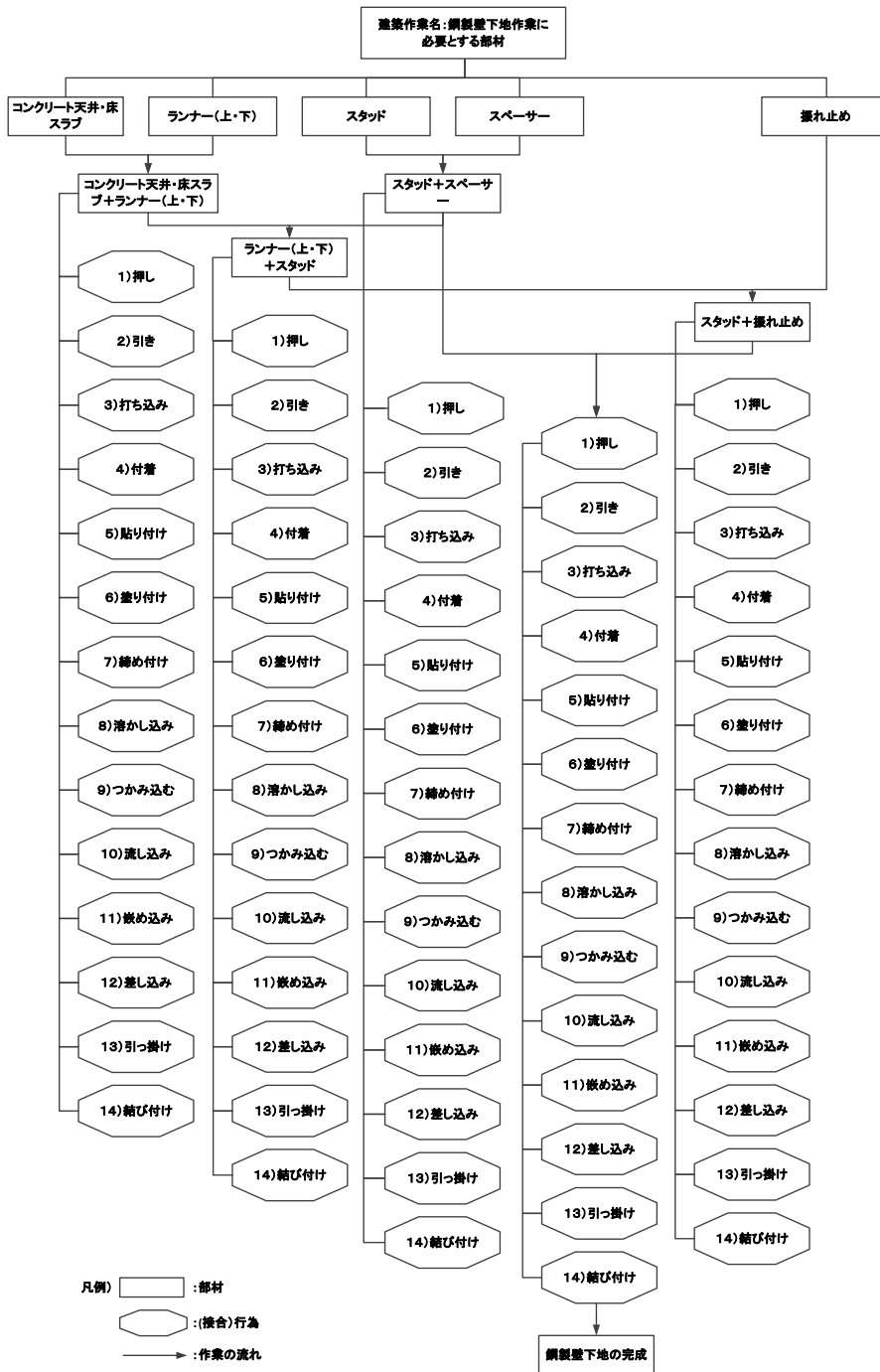


図. 3.3.8 接合方法の選定 (ミクロ)

表. 3. 3. 8 「鋼製壁下地作業の部材間の接合作業の生産性を高める」に対するレベル2の重要度

	作業の無理	作業の無駄	作業のむら	作業の利便	重要度
作業の無理	1	5	2	3	0.09
作業の無駄	1/5	1	1/3	1/2	0.48
作業のむら	1/2	3	1	2	0.16
作業の利便	1/3	2	1/2	1	0.27

CI=0.01

表. 3. 3. 9 コンクリート床板とランナー間の接合方法の「無理」に対する重要度

	かぎ状の仕組みで引っ掛ける	紐ぎ手の仕組みではめ込む	鉋の仕組みで押す	ハンドの仕組みで引く	インサートの仕組みで差し込む	釘の仕組みで打ち込む	磁石の仕組みで付着する	粘着テープの仕組みで貼り付ける	接着剤の仕組みで塗りつける	線状の仕組みで結びつける	ねじの仕組みで締め付ける	溶接の仕組みで溶かし込む	クリップの仕組みでつかみ込む	流動体の仕組みで流し込む	重要度
かぎ状の仕組みで引っ掛ける	1	1	3	1/2	1	3	1	1/2	1/2	1	2	1/3	1/2	1/3	0.07
紐ぎ手の仕組みではめ込む	1	1	3	1/2	1	3	1	1/2	1/2	1	2	1/3	1/2	1/3	0.07
鉋の仕組みで押す	1/3	1/3	1	1/4	1/3	1	1/2	1/4	1/4	1/3	1/2	1/5	1/4	1/5	0.17
ハンドの仕組みで引く	2	2	4	1	1	4	3	1	1	2	3	1/2	1	1/2	0.04
インサートの仕組みで差し込む	1	1	3	1	1	3	1	1/2	1/2	1	2	1/3	1/2	1/3	0.07
釘の仕組みで打ち込む	1/3	1/3	1	1/4	1/3	1	1/2	1/4	1/4	1/3	1/2	1/4	1/3	1/4	0.16
磁石の仕組みで付着する	1	1	2	1/3	1	2	1	1/2	1/2	1	2	1/3	1/2	1/3	0.08
粘着テープの仕組みで貼り付ける	2	2	4	1	2	4	2	1	1	2	3	1/2	1	1/2	0.04
接着剤の仕組みで塗りつける	2	2	4	1	2	4	2	1	1	2	3	1/2	1	1/2	0.04
線状の仕組みで結びつける	1	1	3	1/2	1	3	1	1/2	1/2	1	2	1/3	1/2	1/3	0.07
ねじの仕組みで締め付ける	1/2	1/2	2	1/3	1/2	2	1/2	1/3	1/3	1/2	1	1/4	1/3	1/4	0.12
溶接の仕組みで溶かし込む	3	3	5	2	3	4	3	2	2	3	4	1	2	1	0.02
クリップの仕組みでつかみ込む	2	2	4	1	2	3	2	1	1	2	3	1/2	1	1/2	0.04
流動体の仕組みで流し込む	3	3	5	2	3	4	3	2	2	3	4	1	2	1	0.02

CI=0.01

表. 3. 3. 10 コンクリート床板とランナー間の接合方法の「無駄」に対する重要度

	かぎ状の仕組みで引っ掛ける	紐ぎ手の仕組みではめ込む	鉋の仕組みで押す	ハンドの仕組みで引く	インサートの仕組みで差し込む	釘の仕組みで打ち込む	磁石の仕組みで付着する	粘着テープの仕組みで貼り付ける	接着剤の仕組みで塗りつける	線状の仕組みで結びつける	ねじの仕組みで締め付ける	溶接の仕組みで溶かし込む	クリップの仕組みでつかみ込む	流動体の仕組みで流し込む	重要度
かぎ状の仕組みで引っ掛ける	1	1	3	1	1	3	2	2	2	1	3	1/2	1	1/2	0.05
紐ぎ手の仕組みではめ込む	1	1	3	1	1	3	2	2	2	1	3	1/2	1	1/2	0.05
鉋の仕組みで押す	1	1/3	1	1/3	1/3	1	1/2	1/2	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4	0.14
ハンドの仕組みで引く	1	1	3	1	1	3	2	2	2	1	3	1/2	1	1/2	0.05
インサートの仕組みで差し込む	1	1	3	1	1	3	2	2	2	1	3	1/2	1	1/2	0.05
釘の仕組みで打ち込む	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1	1/2	1/2	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4	0.14
磁石の仕組みで付着する	1/2	1/2	2	1/2	1/2	2	1	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/3	0.08
粘着テープの仕組みで貼り付ける	1/2	1/2	2	1/2	1/2	2	1	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/3	0.08
接着剤の仕組みで塗りつける	1/2	1/2	2	1/2	1/2	2	1	1	1	1/2	2	1/3	1/2	1/3	0.08
線状の仕組みで結びつける	1	1	3	1	1	3	2	2	2	1	3	1/2	1	1/2	0.05
ねじの仕組みで締め付ける	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1	1/2	1/2	1/2	1/3	1	1/4	1/3	1/4	0.14
溶接の仕組みで溶かし込む	2	2	4	2	2	4	3	3	3	2	4	1	2	1	0.03
クリップの仕組みでつかみ込む	1	1	3	1	1	3	2	2	2	1	3	1/2	1	1/2	0.05
流動体の仕組みで流し込む	2	2	4	2	2	4	3	3	3	2	4	1	2	1	0.03

CI=0.00



表.3.3.11 コンクリート床板とランナー間の接合方法の「むら」に対する重要度

	かぎ状の仕組みで引っ掛ける	継ぎ手の仕組みではめ込む	鉄の仕組みで押す	バンドの仕組みで引く	インサートの仕組みで差し込む	釘の仕組みで打ち込む	磁石の仕組みで付着する	粘着テープの仕組みで貼り付ける	接着剤の仕組みで塗りつける	線状の仕組みで結びつける	ねじの仕組みで締め付ける	溶接の仕組みで溶かし込む	クリップの仕組みでつかみ込む	流動体の仕組みで流し込む	重要度
かぎ状の仕組みで引っ掛ける	1	1	2	1/2	1/2	2	1/2	1/3	1/3	1/2	2	1/2	1/2	1/2	0.09
継ぎ手の仕組みではめ込む	1	1	2	1/2	1/2	2	1/2	1/3	1/3	1/2	2	1/2	1/2	1/2	0.09
鉄の仕組みで押す	1/2	1/2	1	1/2	1/3	1	1/3	1/4	1/4	1/3	1	1/3	1/3	1/3	0.14
バンドの仕組みで引く	2	2	2	1	1	3	1	1/2	1/2	1	3	1	1	1	0.05
インサートの仕組みで差し込む	2	2	3	1	1	3	1	1/2	1/2	1	3	1	1	1	0.05
釘の仕組みで打ち込む	1/2	1/2	1	1/3	1/3	1	1/3	1/4	1/4	1/3	1	1/3	1/3	1/3	0.14
磁石の仕組みで付着する	2	2	3	1	1	3	1	1/2	1/2	1	3	1	1	1	0.05
粘着テープの仕組みで貼り付ける	3	3	4	2	2	4	2	1	1	2	4	2	2	2	0.03
接着剤の仕組みで塗りつける	3	3	4	2	2	4	2	1	1	2	4	2	2	2	0.03
線状の仕組みで結びつける	2	2	3	1	1	3	1	1/2	1/2	1	3	1	1	1	0.05
ねじの仕組みで締め付ける	1/2	1/2	1	1/3	1/3	1	1/3	1/4	1/4	1/3	1	1/3	1/3	1/3	0.14
溶接の仕組みで溶かし込む	2	2	3	1	1	3	1	1/2	1/2	1	3	1	1	1	0.05
クリップの仕組みでつかみ込む	2	2	3	1	1	3	1	1/2	1/2	1	3	1	1	1	0.05
流動体の仕組みで流し込む	2	2	3	1	1	3	1	1/2	1/2	1	3	1	1	1	0.05

CI=0.00

表.3.3.12 コンクリート床板とランナー間の接合方法の「利便」に対する重要度

	かぎ状の仕組みで引っ掛ける	継ぎ手の仕組みではめ込む	鉄の仕組みで押す	バンドの仕組みで引く	インサートの仕組みで差し込む	釘の仕組みで打ち込む	磁石の仕組みで付着する	粘着テープの仕組みで貼り付ける	接着剤の仕組みで塗りつける	線状の仕組みで結びつける	ねじの仕組みで締め付ける	溶接の仕組みで溶かし込む	クリップの仕組みでつかみ込む	流動体の仕組みで流し込む	重要度
かぎ状の仕組みで引っ掛ける	1	2	2	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2	1	1/3	1	1/3	0.09
継ぎ手の仕組みではめ込む	1/2	1	1	1/2	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1/2	1/4	1/2	1/4	0.14
鉄の仕組みで押す	1/2	1	1	1/2	1/3	1/3	1/2	1/2	1/3	1/3	1/2	1/4	1/2	1/4	0.14
バンドの仕組みで引く	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	1/2	2	1/2	0.05
インサートの仕組みで差し込む	3	3	3	1	1	1	2	2	1	1	2	1/2	2	1/2	0.05
釘の仕組みで打ち込む	3	3	3	1	1	1	2	2	1	1	2	1/2	2	1/2	0.05
磁石の仕組みで付着する	1	2	2	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2	1	1/3	1	1/3	0.09
粘着テープの仕組みで貼り付ける	1	2	2	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2	1	1/3	1	1/3	0.09
接着剤の仕組みで塗りつける	3	3	3	1	1	1	2	2	1	1	2	1/2	2	1/2	0.05
線状の仕組みで結びつける	3	3	3	1	1	1	2	2	1	1	2	1/2	2	1/2	0.05
ねじの仕組みで締め付ける	1	2	2	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2	1	1/3	1	1/3	0.09
溶接の仕組みで溶かし込む	3	4	4	2	2	2	3	3	2	2	3	1	3	1	0.03
クリップの仕組みでつかみ込む	1	2	2	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	1/2	1	1/3	1	1/3	0.09
流動体の仕組みで流し込む	3	4	4	2	2	2	3	3	2	2	3	1	3	1	0.03

CI=0.00

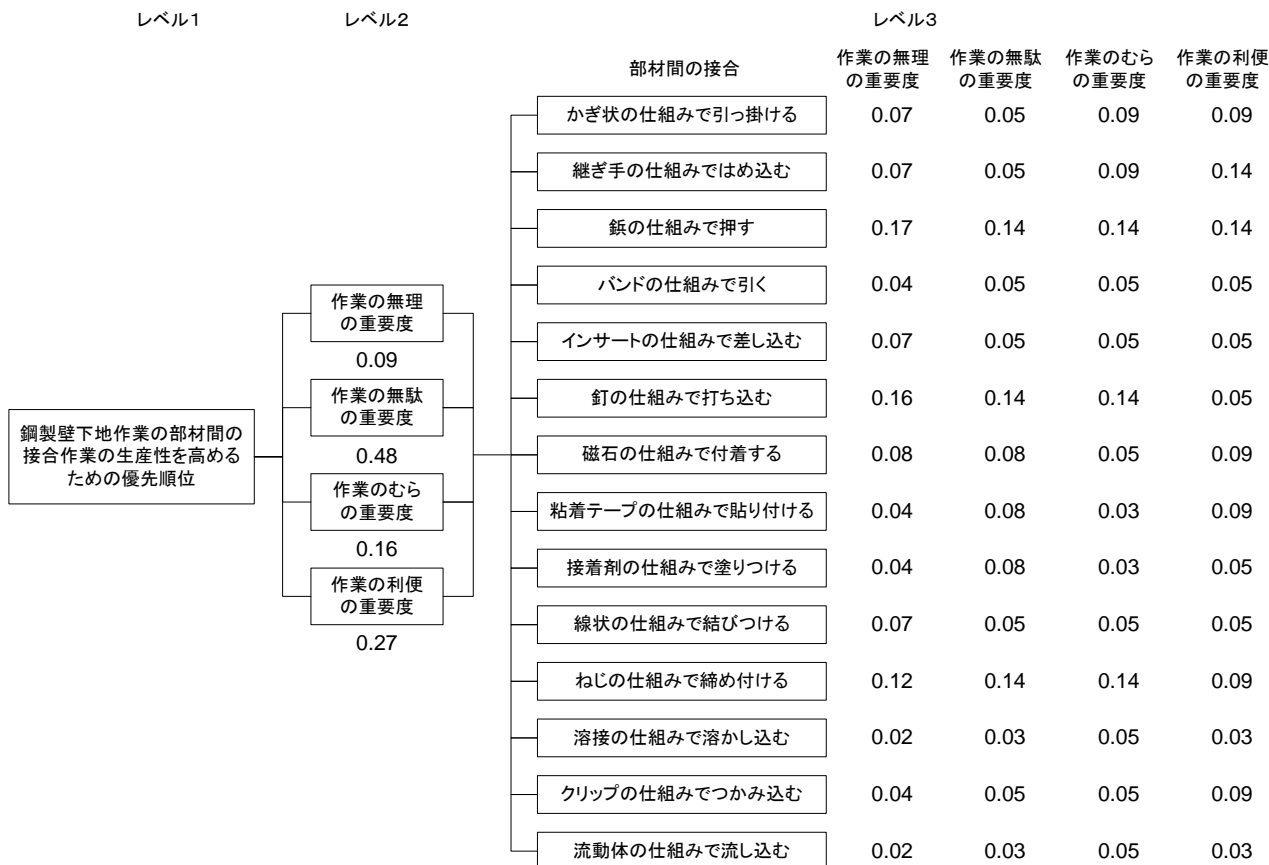


図. 3. 3. 9 コンクリート床板とランナー間の評価項目に対する接合方法の重要度

表. 3. 3. 13 コンクリート床板とランナー間の接合方法の重要度の算出結果

部材間の接合方法	レベル2の評価項目(重要度)								合計	順位
	作業の無理(0.09) 部材間の接合方法の各重要度		作業の無駄(0.48) 部材間の接合方法の各重要度		作業のむら(0.16) 部材間の接合方法の各重要度		作業の利便(0.27) 部材間の接合方法の各重要度			
かぎ状の仕組みで引っ掛ける	0.09*0.07	0.006	0.48*0.05	0.024	0.16*0.09	0.014	0.27*0.09	0.024	0.069	7
継ぎ手の仕組みではめ込む	0.09*0.07	0.006	0.48*0.05	0.024	0.16*0.09	0.014	0.27*0.14	0.038	0.082	4
鋸の仕組みで押す	0.09*0.17	0.015	0.48*0.14	0.067	0.16*0.14	0.022	0.27*0.14	0.038	0.143	1
バンドの仕組みで引く	0.09*0.04	0.004	0.48*0.05	0.024	0.16*0.05	0.008	0.27*0.05	0.014	0.049	11
インサートの仕組みで差し込む	0.09*0.07	0.006	0.48*0.05	0.024	0.16*0.05	0.008	0.27*0.05	0.014	0.052	10
釘の仕組みで打ち込む	0.09*0.16	0.014	0.48*0.14	0.067	0.16*0.14	0.022	0.27*0.05	0.014	0.118	3
磁石の仕組みで付着する	0.09*0.08	0.007	0.48*0.08	0.038	0.16*0.05	0.008	0.27*0.09	0.024	0.078	5
粘着テープの仕組みで貼り付ける	0.09*0.04	0.004	0.48*0.08	0.038	0.16*0.03	0.005	0.27*0.09	0.024	0.070	6
接着剤の仕組みで塗りつける	0.09*0.04	0.004	0.48*0.08	0.038	0.16*0.03	0.005	0.27*0.05	0.014	0.061	8
線状の仕組みで結びつける	0.09*0.07	0.006	0.48*0.05	0.024	0.16*0.05	0.008	0.27*0.05	0.014	0.052	10
ねじの仕組みで締め付ける	0.09*0.12	0.011	0.48*0.14	0.067	0.16*0.14	0.022	0.27*0.09	0.024	0.124	2
溶接の仕組みで溶かし込む	0.09*0.02	0.002	0.48*0.03	0.014	0.16*0.05	0.008	0.27*0.03	0.008	0.032	12
クリップの仕組みでつかみ込む	0.09*0.04	0.004	0.48*0.05	0.024	0.16*0.05	0.008	0.27*0.09	0.024	0.060	9
流動体の仕組みで流し込む	0.09*0.02	0.002	0.48*0.03	0.014	0.16*0.05	0.008	0.27*0.03	0.008	0.032	12

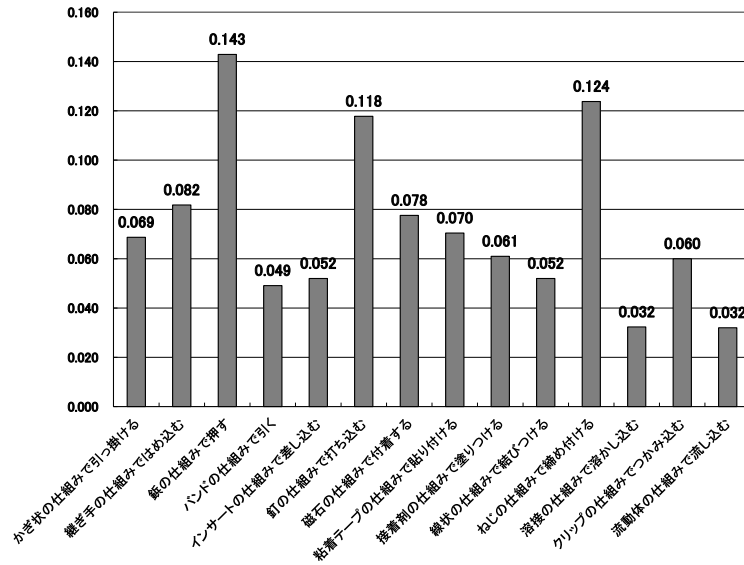


図. 3. 3. 10 コンクリート床板とランナー間の接合方法に対する重要度の分布

以上の結果により、コンクリート床板とランナー間の接合方法として“鍔の仕組みで押す”が選定された。また、作業行為の分類により、接合順序図のマクロ的・ミクロ的な表現ができることを確認した。

### 3.4. 結言

#### A. 建築工事における行為

本研究での行為と作業と工事の関係を定義し（表. 3. 1. 1 参照）、その概念図を示した。（図. 3. 1. 1 参照）

建築工事における作業行為を“移動”、“運搬”、“保管”、“計測”、“加工”、“接合”、“解体”として7つに分類した。（図. 3. 1. 2）

- a. 移動に関しては、移動の方法のレベル1とレベル2として分類を行い、それぞれの定義と概念図を示した。（図. 3. 1. 3～図. 3. 1. 8 参照）
- b. 運搬に関しては、運搬の方法のレベル1とレベル2として分類を行い、それぞれの定義と概念図を示した。（図. 3. 1. 9～図. 3. 1. 17 参照）
- c. 保管に関しては、保管の方法のレベル1とレベル2として分類を行い、それぞれの定義と概念図を示した。（図. 3. 1. 18～図. 3. 1. 28 参照）
- d. 計測に関しては、計測の方法のレベル1とレベル2として分類を行い、それぞれの定義と概念図を示した。（図. 3. 1. 29～図. 3. 1. 36 参照）
- e. 加工に関しては、加工の方法のレベル1とレベル2として分類を行い、それぞれの定義と概念図を示した。（図. 3. 1. 37～図. 3. 1. 52 参照）
- f. 接合に関しては、接合の方法のレベル1とレベル2として分類を行い、それぞれの定義と概念図を示した。（図. 3. 1. 53～図. 3. 1. 70 参照）
- g. 解体に関しては、解体の方法のレベル1とレベル2として分類を行い、それぞれの定義と概念図を示した。（図. 3. 1. 71～図. 3. 1. 81 参照）

また、作業における行為と行為の方法の関係を図として示した。（図. 3. 1. 82 参照）

これにより、建築工事における作業に対する各行為の方法の体系化を明確にした。

#### B. 行為の連鎖と部材間の接合関係の分析

建築工事における行為を連鎖させるために、7つの行為の内、接合行為に中心とし、接合行為以外の6つの行為は接合行為を行うためのサポートする行為として着目した。そのため、作業を行うための接合行為を抽出し（図. 3. 2. 1 参照）、接合行為間の連鎖を行った。（図. 3. 2. 2 参照）そして、接合行為から他の行為との連鎖を行うための方法を示した。（図. 3. 2. 3～図. 3. 2. 6 参照）

また、部材間の接合の順序関係を示し、図として作業の接合順序を示した。（図. 3. 2. 10～図. 3. 2. 13 参照）

さらに、部材間の接合の優先順位を AHP 手法により評価を行い、部材間の接合順序関係による接合順序図の作成ができ、作業間の順序関係を明確にした。

#### C. 鋼製天井・壁下地作業における適用

本研究では、接合の順序関係図の作成の事例として鋼製天井下地作業と鋼製壁下地作業を事例とし、鋼製天井下地作業におけるマクロ的な優先順位として接合の順序関係図を作成した。（図. 3. 3. 6 参照）そして、鋼製壁下地作業におけるミクロ的な接合の方法の優先順位の選定（図. 3. 3. 6 参照）ができ、接合の順序関係による作業手順を図として示し得ることを明らかにした。

(参照文献)

- 1) 真鍋恒博：図解建築構法計画講義、彰国社、pp332-344、1999.9
- 2) 木下栄蔵、大屋隆生：戦略的意思決定手法 AHP、朝倉書店、pp12-48、2007.9
- 3) T. L. Saaty : A scaling method for priorities in hierarchy structures、Journal of Mathematical Psychology15、pp234-281、1977

## 第4章 建築工事における作業プロセスの作成に関する研究

## 第4章 建築工事における作業プロセスの計画に関する研究

### 4.1. 建築工事における作業プロセスの捉え方

#### 4.1.1. 状態と行為

建築生産は、単品生産であるため、現場の状況に合わせて作業プロセスを独自に作り出さなければならない。作業プロセスとは、設計図書に規定されている目標達成の建築物を、与えられた状況から各作業を最適な方法で連鎖させることである。しかし、現場ごとに環境が異なっているため、作業プロセスの最適な方法を作るための工夫が必要である。そのためには、作業プロセスを分析し、場面ごとに独自の作業プロセスを作り出す仕組みを考えなければならない。

作業プロセスは、建築の各作業の繋がりであり、各作業は、作業者(機械)の「行為」と作業場の空間、部位、部材、機材等の「状態」で構成されている。即ち、「状態」と「行為」が把握できれば、作業プロセスを場面ごとに最も効率的に作成できるように、考察及び最適な選択ができると判断される。作業プロセスにおいて最も重要なものの一つは、ある条件下、与えられた環境および空間に対して様々な建築工事のための作業を、最も効率的に繋げる方法である。

本研究では、作業プロセスの仕組みを「状態」と「行為」として捉え、工事の検討のために作業関係を、「状態」と「行為」の連鎖方法、「行為」間の連鎖方法と「状態」間の連鎖方法による作業プロセスの計画方法を提案し、作業の順序関係を検討する方法を示すことを目的とした。

#### A. 作業プロセスにおける状態

作業プロセスにおける状態は、設計図書に従ってゼロの時点(前状態)から作業を行うことによって現れてくる時点(後状態)でのありさまと言える。そして状態は、下記に示すように、前状態、後状態で2つの状態が行為によって結ばれていると考えられる。

- 1) 前状態：モノの状態が変化していない状態で、行為を行うために必要とする状態のことである。
- 2) 後状態：モノの状態が変化した状態で、行為を行うことによって生じる状態のことである。

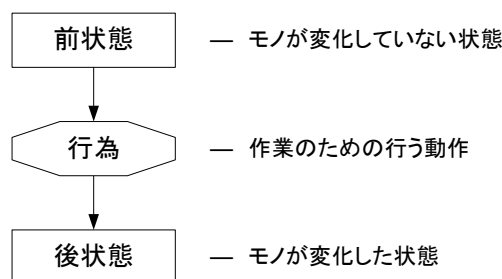


図. 4. 1. 1 状態と行為の関係

なお、「状態」の部材を建築工事の作業観点から捉えるといくつかの要素に分けられると考えられる。これに関して蔡は、「建築工事における作業の推定方法に関する研究」の中で「作業者」、「部材」、「部位」、「情報」に着目することで作業モデルの作成が可能であることを示している。そこで、本研究では、行為と連鎖させるための状態の部材として「空間」「部位」「部材」「機材」とし、これらの部材を「作業対象物の情報」として考えた。また、作業対象物の情報を部材ごとにさらに属性として再分解をした。それは、各部材には様々な属性が含まれているためである。

## B. 作業プロセスにおける行為

作業プロセスにおける行為を、嘉納<sup>1)</sup>は、情報化行為(Recognition)、設計行為(Planning)、実施行為(Action)で構成され、特に実施行為は、生産現場における状態(性質、位置、など)を直接的に変化させる行為として定義している。そして、VE(Value Engineering)的な観点から見ると行為とは、目標達成のためのモノの価値を最大に引き出す機能への展開をする作業であると考えられる。ただし、本研究では、オブジェクト情報の中の内、実施行為の概念を捉えることとした。

### 4.1.2. 状態と行為の記述形式

状態と行為を用いて作業を表現し、作業として連鎖させるためにワークパッケージという概念を取り入れることとした。ワークパッケージ<sup>2)</sup>とは、特定の作業について、作業内容と、その作業に使用される作業員、資機材、さらには出来上がる成果物(部材等)の条件や数量を明確にした情報の纏まりを意味する。本研究では一つの作業行為を達成するために、行う「行為」に対する前提条件である「前状態」と行為による達成すべき目標である「後状態」を連鎖し、それらの連鎖によって一つの行為が終了し、これらの一つの仕組みをワークパッケージと考えた。下記の図. 4.1.2の状態と行為の関係に示すように、1つの行為とそれにおける前状態と後状態の集合のことである。また、ワークパッケージを状態と行為として表現するためには、状態と行為には下記に示す情報が必要である。

- 1) 工場の空間(作業工区、棟、階等)
- 2) 工場の種類(土工事、型枠土工事等)
- 3) 工場の対象(部位、施工箇所等)
- 4) 工場の資源(部材・機材等)
- 5) 工場の主体(作業員、監理者等)

例えば、「2階の鋼製壁下地工事は鋼製壁下地工が鋼製壁下地部位に対して鋼製壁下地材料を用いている」

「2階の101号室の鋼製壁下地作業は鋼製壁下地工が天井コンクリートスラブに対して上部ランナーを鉋打ち銃で打ち込みピンを介して打ち込んでいる」

しかし、上記の記述様式は行為と状態の表現が分離されていないため、読み取りにくいのである。そこで、行為と状態を分離して整理することによって、見やすくなり、分析に容易である。そこで、5つの情報の要素を基にワークパッケージの状態での作業の要素の属性を作り出す。

## A. ワークパッケージの構成

ワークパッケージは「状態」と「行為」で構成されている。「状態」は、“空間”、“部位”、“部材”、“機材”の4つで構成され、「行為」は“移動”、“運搬”、“保管”、“計測”、“加工”、“接合”、“解体”の7つで構成される。上記の5つの情報を基に工事現場では、作業員、作業を行う空間、材料(部材・部位)、仮設資材と工事用機械(機材)などが存在する。これらの動きを時系列的に捉えることによって、工事現場における作業の進捗状況を把握することが可能となる。また、「状態」を定義する際に、それらの情報に着目することで、体系的な分析ができると考えられる。そして、「情報」に関しては以下のように定義ができる。



a. 状態

(1) 空間

作業行為を行うための領域を意味する。

例えば、作業場、部材保管場所等である。

(2) 部位

作業行為の目的である設計図書に示されている位置・属性を持つ部材を取り付けた後に全体の内、一つの部分の要素になった物体を意味する。

例えば、鉄筋コンクリートの天井・壁・床等である。

(3) 部材

作業行為の対象である部位をつくる前の資材である。即ち、取り付けを行う前の状態の材料の総称を意味する。

例えば、野縁受、野縁、ねじ等である。

(4) 機材

作業行為を行うために必要とする工具や機械の総称を意味する。

例えば、メジャー、足場仮設等である。

b. 行為

(1) 作業者の行為

作業者が作業を行うための動きを意味する。

例えば、作業者が A 部材と B 部材を接合する。

(2) 機械の行為

機械が作業を行うための動きを意味する。

例えば、クレーンが部材を A 位置から B 位置まで運搬する。

B. ワークパッケージの作成のための「状態」の記述形式

ワークパッケージの部材の内、状態に関しては、上記に述べた 5 つの情報（空間、部位、部材、機材、作業者）で記述することとする。そして、ワークパッケージの形式を図. 4. 1. 2 のように示すことができる。ただし、部材（空間、部位、部材、機材、作業者）の内、作業の主体である作業者の行為によって状態が生まれる。そこで、状態の箱には作業者を除き、行為の箱に記述することとする。

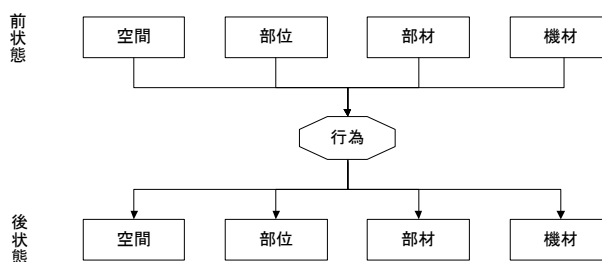


図. 4. 1. 2 ワークパッケージの形式

上記の図. 4. 1. 2 の状態の情報を一連の配置で状態を記述する。そして、情報を順序的に記述すること

によって、区別し易くなる利点がある。状態の記述形式としては、以下となる。

#### a. 空間

空間は、作業の場所であり、その記述の方法としては、エリアの大きさ順に書く。例えば、工区、棟、階、号(室)順である。ただし、工区が棟の中にある場合は、棟を先とし、工区がない場合には、棟から書く。また、本研究では、作業場と現場及び外という用語が記述されており、作業場は作業をする場所を意味し、現場は工事全体の場所(敷地)を意味し、外は作業場から離れた現場を意味する。

記述の形式は、表. 4. 1. 2 に示し、空間に関する動詞は以下のように記述し、前状態と後状態に分かれる。ただし、動詞の記述形式に関して作業の要素の状態が空間のように、ある位置に固定されている状態であれば、前状態と後状態の動詞の記述形式は、同様とする。

表. 4. 1. 1 空間の状態に関する動詞の記述形式

空間の状態	動詞の記述形式
前状態	存在している
後状態	存在している

表. 4. 1. 2 空間のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	空間名+助詞	動詞
例	801号が	存在している
後状態	空間名+助詞	動詞
例	801号が	存在している

#### b. 部位

部位は、作業の対象であり、その記述の方法としては、作業する位置を書く。例えば、天井、壁、床などがある。また、部位に関する動詞は受動態で記述し、前状態と後状態に分かれる。記述形式は、式表. 4. 1. 4 に示す。ただし、動詞の記述形式に関して作業の要素の状態が部位のようにある位置に固定されている状態であれば、前状態と後状態の動詞の記述形式は、同様とする。

表. 4. 1. 3 部位の状態に関する動詞の記述形式

部位の状態	動詞の記述形式
前状態	存在している
後状態	存在している

表. 4. 1. 4 部位のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	部位名+助詞	動詞
例	天井が	存在している
後状態	部位名+助詞	動詞
例	天井が	存在している

c. 部材

部材は、作業の対象に必要とする資源であり、その記述の方法としては、必要とする材料を書く。例えば、インサート、吊りボルト、ハンガーなどがある。また、部材に関する動詞は受動態で記述し、前状態と後状態に分かれる。記述形式は、表. 4. 1. 5 に示す。ただし、動詞の記述形式に関して作業の要素の状態が部材のようにある位置に固定されていない状態であれば、前状態と後状態の動詞の記述形式は、ワークパッケージの種類によって変わることとする。

表. 4. 1. 5 部材の状態に関する動詞の記述形式

ワークパッケージの種類	部材の状態	動詞の記述形式
移動	前状態	存在している
	後状態	移動されている
運搬	前状態	存在している (作業前の運搬のワークパッケージ)
		存在している (作業後の運搬のワークパッケージ)
	後状態	運搬されている
保管	前状態	保管されている (作業前の保管のワークパッケージ)
		存在している (作業後の保管のワークパッケージ)
計測	前状態	存在している
	後状態	計測されている
加工	前状態	存在している
	後状態	加工されている
接合	前状態	存在している
	後状態	接合されている 残されている (接合されて残った部材)
解体	前状態	存在している
	後状態	解体されている 残されている (解体されて残った部材)

表. 4. 1. 6 運搬のワークパッケージの状態の記述形式

前状態(作業前)	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場に	存在している
前状態(作業後)	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場に	残されている
後状態(作業前)	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場に	運搬されている
後状態(作業後)	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	野縁受が	外へ	運搬されている

表. 4. 1. 7 保管のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	野縁受が	部材置き場に	保管されている
後状態	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場に	残されている

表. 4. 1. 8 計測のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場に	存在している
後状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場で	計測されている

表. 4. 1. 9 加工のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場に	存在している
後状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場で	加工されている

表. 4. 1. 10 接合のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場に	存在されている
後状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場で	接合されている

表. 4. 1. 11 解体のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場に	存在している
後状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	野縁受が	作業場で	解体されている

#### d. 機材

機材は、作業の対象に必要とする資源であり、その記述の方法としては、必要とする機材を書く。例えば、足場、スパン、メジャなどがある。また、部材に関する動詞は受動態で記述し、前状態と後状態に分かれる。記述形式は、表. 4. 1. 12 に示す。ただし、動詞の記述形式に関して作業の要素の状態が機材のようにある位置に固定されていない状態であれば、前状態と後状態の動詞の記述形式は、ワークパッケージの種類によって変わることとする。

表. 4. 1. 12 機材の状態に関する動詞の記述形式

ワークパッケージの種類	機材の状態	動詞の記述形式
移動	前状態	存在している
	後状態	移動されている
運搬	前状態	存在している (作業前の運搬のワークパッケージ)
		存在している (作業後の運搬のワークパッケージ)
	後状態	運搬されている
保管	前状態	保管されている (作業前の保管のワークパッケージ)
		存在している (作業後の保管のワークパッケージ)
計測	前状態	存在している
	後状態	計測されている
加工	前状態	存在している
	後状態	加工されている
接合	前状態	存在している
	後状態	接合されている
解体	前状態	存在している
	後状態	解体されている

表. 4. 1. 13 移動のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	エレベーターが	部材置き場に	存在している
後状態	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	エレベーターが	作業場へ	移動されている

表. 4. 1. 14 運搬のワークパッケージの状態の記述形式

前状態(作業前)	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	足場が	作業場に	存在している
前状態(作業後)	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	足場が	作業場に	残されている
後状態(作業前)	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	足場が	作業場に	運搬されている
後状態(作業後)	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	足場が	外へ	運搬されている

表. 4. 1. 15 保管のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	切断機が	部材置き場に	保管されている
後状態	(部材・機材名)+助詞	空間+助詞	動詞
例	切断機が	作業場に	残されている

表. 4. 1. 16 計測のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	メジャが	作業場に	存在している
後状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	メジャで	作業場が	計測されている

表. 4. 1. 17 加工のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	切断機が	作業場に	存在している
後状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	切断機で	野縁受が	加工されている

表. 4. 1. 18 接合のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	鉚打ち銃が	作業場に	存在している
後状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	鉚打ち銃で	床ランナが	接合されている

表. 4. 1. 19 解体のワークパッケージの状態の記述形式

前状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	電動ドリルが	作業場に	存在している
後状態	(部材・機材名)+助詞	(空間・部位・部材)+助詞	動詞
例	電動ドリルで	床が	解体されている

### C. ワークパッケージの作成のための行為の構文の定型化

行為の明確な記述のために記述形式を定型化する必要がある。定型化された構文を作り出すことにより、ワークパッケージの作成が一貫性のある記述となる。下記の定型化された行為の記述の形式により、状態から行為の情報が得られるというメリットがあると考えられる。記述形式は、次のようになる。

表. 4. 1. 20 行為のワークパッケージの記述形式

記述形式	工区名称+助詞+棟名称+助詞+階+助詞	部位名称+助詞	(部材・機材)名称+助詞	((空間・部材・機材名称)+助詞)位置へ/介して	動詞
例	1工区の101棟の2階の	天井に対して	吊りボルトを	スパナを介して	接合する
区分	状態				行為

上記の表. 4. 1. 20 を基づく、各行為の記述形式は、以下の表. 4. 1. 21 から表. 4. 1. 27 となり、この記述形式に従って、各行為の記述を行うこととする。

表. 4. 1. 21 移動のワークパッケージの行為の記述形式

記述形式	工区名称+助詞+棟名称+助詞+階+助詞	部位名称+助詞	(作業員・機械)+助詞	((空間・部材・機材名称)+助詞) 位置へ	動詞
例	1工区の101棟の2階の	天井に対して	作業員が	部材置き場の位置へ	移動する

表. 4. 1. 22 運搬のワークパッケージの行為の記述形式

作業前						
記述形式	工区名称+助詞+棟名称+助詞+階+助詞	場名称+助詞	(作業員・機械)+助詞	((部材・機材名称)+助詞) 位置へ	動詞	
例	1工区の101棟の2階の	部材置き場に対して	作業員が	吊りボルトを	運搬する	
作業後						
記述形式	工区名称+助詞+棟名称+助詞+階+助詞	場名称+助詞	(作業員・機械)+助詞	残された ((部材・機材名称)+助詞)	(機材名称)+助詞) 外へ	動詞
例	1工区の101棟の2階の	部材置き場に対して	作業員が	吊りボルトを	運搬機を介して外へ	運搬する

表. 4. 1. 23 保管のワークパッケージの行為の記述形式

記述形式	工区名称+助詞+棟名称+助詞+階+助詞	場名称+助詞	(作業員・機械)+助詞	((部材・機材名称)+助詞)	場名称+助詞	動詞
例	1工区の101棟の2階の	作業場に対して	作業員が	吊りボルトを	部材置き場に	保管する

表. 4. 1. 24 計測のワークパッケージの行為の記述形式

記述形式	工区名称+助詞+棟名称+助詞+階+助詞	部位名称+助詞	(作業員・機械)+助詞	加工するために ((部材・機材名称)+助詞)	動詞
例	1工区の101棟の2階の	天井に対して	作業員が	加工するために吊りボルトを	計測する

表. 4. 1. 25 加工のワークパッケージの行為の記述形式

記述形式	工区名称+助詞+棟名称+助詞+階+助詞	部位名称+助詞	(作業員・機械)+助詞	((部材・機材名称)+助詞)	(機材名称)+助詞)	動詞
例	1工区の101棟の2階の	天井に対して	作業員が	吊りボルトを	切断機を介して	加工する

表. 4. 1. 26 接合のワークパッケージの行為の記述形式

記述形式	工区名称+助詞+棟名称+助詞+階+助詞	部位名称+助詞	(作業員・機械)+助詞	((部材・機材名称)+助詞)	((部材・機材名称)+助詞)	動詞
例	1工区の101棟の2階の	天井に対して	作業員が	インサートに	吊りボルトを	接合する

表. 4. 1. 27 解体のワークパッケージの行為の記述形式

記述形式	工区名称+助詞+棟名称+助詞+階+助詞	部位名称+助詞	(作業員・機械)+助詞	((部材・機材名称)+助詞)	(機材名称)+助詞	動詞
例	1工区の101棟の2階の	天井に対して	作業員が	吊りボルトを	スパナを介して	解体する

#### 4. 1. 3. 状態と行為の動詞の連鎖方法

各作業を行う際には、作業の内容に当たる行為を行い、それに伴う状態が発生する。そして、それらの繰り返しによって一連の作業が成り立つ。一つの作業に対する各行為には、前状態と後状態が必ず生じる。このような「前状態」「行為」「後状態」をワークパッケージとして捉える。本研究でのワークパッケージとは、一つの作業を達成するために行う「行為」に対するその行為の前提条件である「前状態」と行為による達成すべき目標である「後状態」を連鎖し、それらの連鎖によって一つの行為が終了し、これらの一つの仕組みをワークパッケージとする。即ち、「行為」を「前状態」「後状態」のパッケージとして考えることによって、情報の形式化が可能となると考えられる。そのワークパッケージが連なることで一つの作業ができる。

##### A. 状態の動詞

ワークパッケージ間の連鎖の方法としては、状態同士、即ち、後状態の情報の箱(動詞)から前状態の情報の箱(動詞)を連鎖する。そのために必要とする状態の後状態と前状態の動詞を1つのペアとして連鎖することとする。下記の表. 4. 1. 28 に示すように状態を表す動詞は、各状態(後状態と前状態)に対して前状態の動詞と後状態の動詞がある。前状態の動詞は、作業を行うために必ず必要な状態を説明する動詞を意味し、後状態の動詞は、行為が行われた後の変化された状態を説明する動詞である。

前状態の動詞の数は1個の動詞であり、後状態の動詞の数は9個の動詞で、状態として記述される動詞は、総合10個の動詞で構成されている(表. 4. 1. 28)。

表. 4. 1. 28 状態の動詞

状態の動詞	
前状態の動詞	後状態の動詞
存在している	移動されている
	運搬されている
	保管されている
	計測されている
	加工されている
	接合されている
	解体されている
	残されている

- a. 存在している：空間(場所)や物(部材・機材)に関して準備が出来ている状態を表現する動詞である。
- b. 移動されている：空間(場所)や物(部材・機材)に関して作業員がその位置に移動が終わっている状態を表現する動詞である。
- c. 運搬されている：物(部材・機材)が作業のために作業場に届いている状態か、作業が終わった後に作業場から出している状態を表現する動詞である。



- d. 保管されている：物(部材・機材)が作業のために現場に届いて置き場(部材・機材)に置いている状態を表現する動詞である。
- e. 計測されている：空間(場所)や物(部材・機材)に関して作業を行うために測定されている状態を表現する動詞である。
- f. 加工されている：物(部材・機材)を接合させるために接合にその形を合わせて接合が出来ている状態を表現する動詞である。
- g. 接合されている：物(部材)と物(部材)を一体化させている状態を表現する動詞である。
- h. 解体されている：物(部材)と物(部材)の一体化から分解している状態を表現する動詞である。
- i. 残されている：作業が終わった後に残材が生じている状態に表現する動詞である。

### B. 状態の部材と状態の動詞の連鎖

行為に対する必要な前状態の動詞は、作業を行うための行為ができるようにすべてが準備されている状態を意味として“存在している”と言う動詞に前状態の部材が連鎖することとする。表. 4. 1. 5 に基づく、前状態の構成要素を前状態の動詞の連鎖関係を図として示すと図. 4. 1. 3 のようになる。

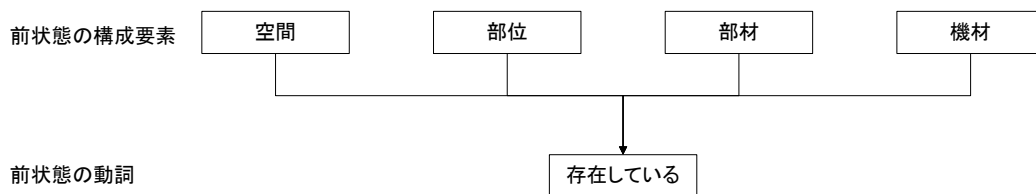


図. 4. 1. 3 前状態の部材と前状態の動詞の記述

行為を行うことによって生じる後状態の動詞は、作業を行った結果の状態を意味とし、8つの動詞に後状態の構成要素が連鎖することとする。表. 4. 1. 28 に基づく、後状態の構成要素を後状態の動詞の連鎖関係を図として示すと図. 4. 1. 4 のようになる。

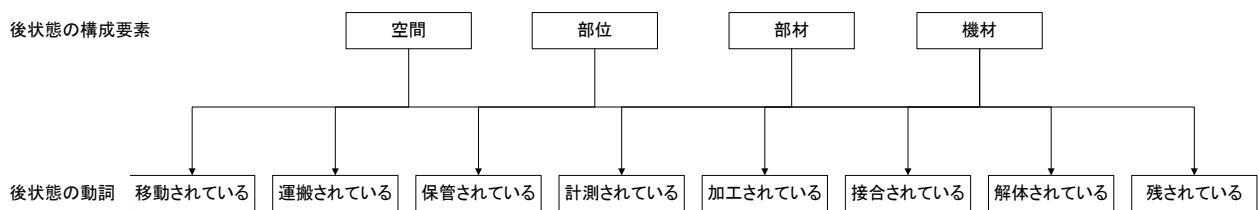


図. 4. 1. 4 後状態の部材と後状態の動詞の連鎖

### C. 前状態と後状態の動詞の連鎖

表. 4. 1. 28 に基づき、図. 4. 1. 5 は前状態の動詞と後状態の動詞を連鎖させるための方法を示す。後状態の動詞を前状態の動詞に連鎖する方法として、8つの後状態の動詞を1つの前状態の動詞につなげることにする。これによって、ワークパッケージ間の連鎖ができることとなる。ただし、後状態の構成要素の動詞は、前状態の構成要素の動詞との連鎖は、同じ構成要素の動詞同士のみ連鎖が出来ることとする。例えば、後状態の構成要素の動詞は前状態の構成要素の動詞と連鎖が出来る(図. 4. 1. 6)。

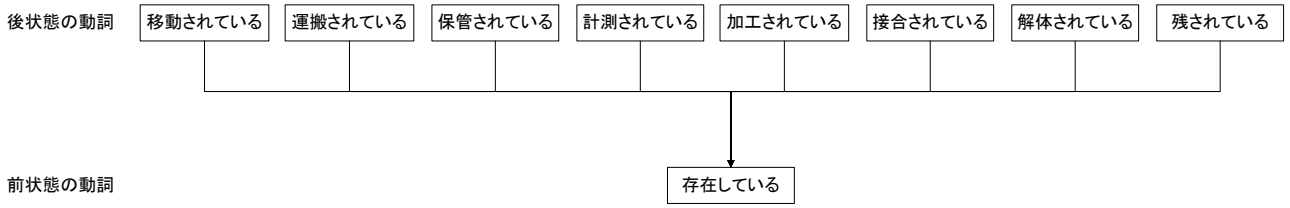


図. 4. 1. 5 前状態の動詞と後状態の動詞の連鎖

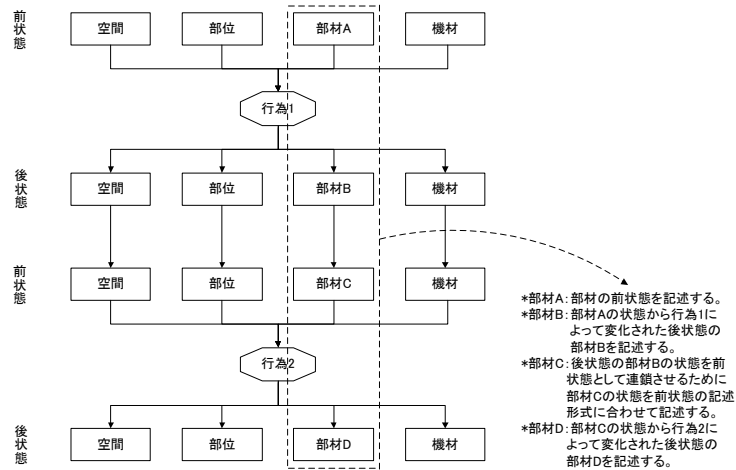


図. 4. 1. 6 状態の連鎖の表現方法

#### D. 状態と行為の動詞の連鎖

上記に述べた B と C をまとめ、それに行為の動詞を繋げて表現すると図. 4. 1. 7 のようになる。最初の前状態から行為を行い、最後の後状態に至るまでの連鎖の繰り返しで作業の繋がりができる。

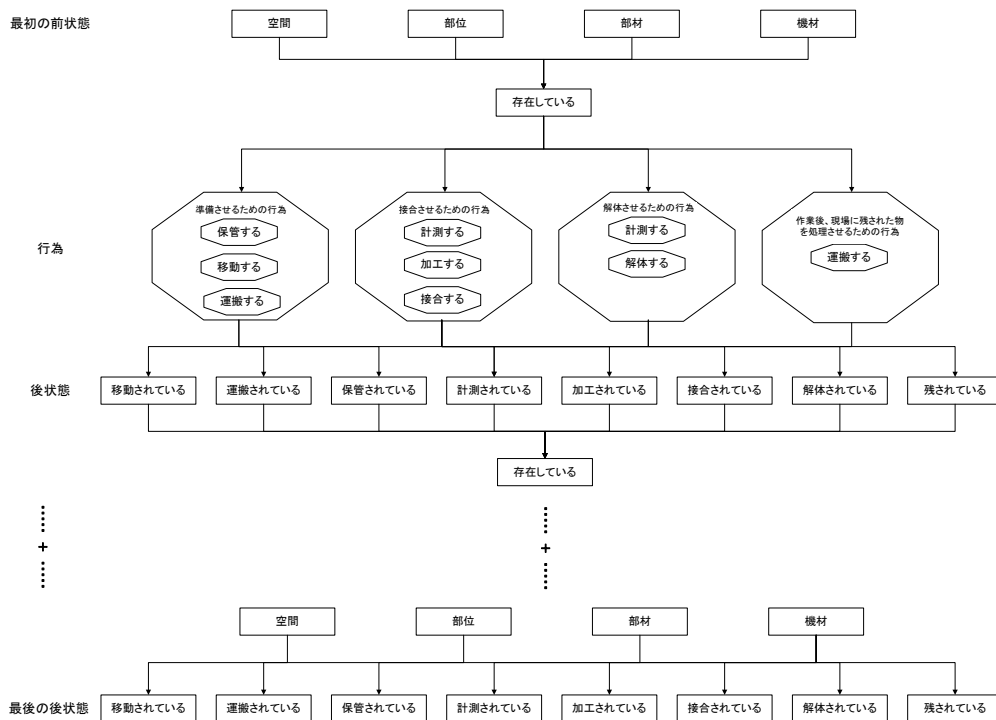


図. 4. 1. 7 状態と行為の動詞の連鎖

モノを造る際、作業のワークパッケージを連鎖させるための状態と行為の流れを図. 4. 1. 8 に示す。ただし、本研究ではモノの解体に関する行為の手順は除き、作業者のモノへの“移動する”行為に関して省略することとした。



図. 4. 1. 8 作業に関する状態による行為の流れ (解体の場合は除く)

## 4.2. 作業プロセスの計画

### 4.2.1. 3種類の計画方法

建築工事における工程計画の計画者は、作業プロセスを作成するために経験から作業の順序関係を作り出す。本研究では、3種類の計画方法として、「状態」と「行為」を用いた計画方法、「行為」のみを用いた計画方法、「状態」のみを用いた計画方法を提案する。

作業プロセスを作成する方法は、その計画の目的とともに、計画を作成する側がどの程度の情報や知識をもって計画するかによっても異なってくる。

作業プロセスを詳細に計画する場合は、詳細な計画案が必要であるという側面も多いが、計画者がその対象作業についての情報や知識が不足している場合には、作業のプロセスを詳細に計画していくことによって、作業の内容（方法や順序、必要となる部材や資材）を順次明確にしながら計画を進めていくことが必要になる。この計画においては、行為を行うために必要となる前状態を検討するとともに、行為によってどのような後状態になるかを検討しながら、順次計画を進める方法を採用する。

作業プロセスを概略的に計画する場合は、計画に要する時間や人手を減らし効率的に計画を行う場合である。この場合には、行為のみを対象として計画する、または状態のみを対象として計画する、の二通りの方法がある。

行為のみを対象とする計画とは、作業を達成するために必要となる行為をどのような順に実施していけばよいかを計画する方法である。この方法では行為の前状態や行為で発生する後状態はあまり詳細には検討しない。この場合は、行為の順序関係として作業プロセスを作成する方法を採用する。しかし、ある行為の後にはどのような行為が可能であるかについて、状態を明示せずとも理解できる知識と能力が必要であるとともに、行為のみで計画を進めることによって作業の各時点における状況を容易に理解するだけの能力も必要になる。

状態のみを対象とする計画とは、作業プロセスにおいて順次変化する各時点の状況を想定できる知識と能力、及びその想定した状況を可能にする行為が予め判っている必要がある。または、計画したある状態からある状態への移行を可能にする行為の内容は、他者が計画する担当にあり、計画者自らはその担当外である場合に採用する。この計画方法では、作業プロセスの最初から最後までを適切な時点で区切り、各時点における状態を計画することによって、その状態は次々に実現できることを前提として作業プロセスは作成される。

ただし、3種類の計画方法は、それぞれ独立したものではなく、それぞれ連動しながら作業プロセスの計画を行う。表.4.2.1は、作業プロセスの3種類の計画方法の特徴である。

表.4.2.1 作業プロセスの3種類の計画方法の特徴

計画方法 の分類 特徴	概略的に計画を立案する場合		
	「状態」と「行為」を用いた 計画方法	「行為」のみを用いた 計画方法	「状態」のみを用いた 計画方法
利点	1)実績が少なく、経験的判断が立てにくい作業計画の作成に役割を果たす 2)詳細な作業計画の作成が可能である 3)同時に、現場の各時点の進捗状況と順序関係の作成に適している	1)実績が多く、経験的判断が立てやすい作業計画の作成に役割を果たす 2)短時間で作業計画の作成が可能である 3)作業の順序関係の作成に適している	1)実績が多く、経験的判断が立てやすい作業計画の作成に役割を果たす 2)短時間で作業計画の作成が可能である 3)現場の各時点の進捗状況の作成に適している
欠点	1)作業計画の作成に相当の時間がかかる 2)詳細な作業計画から始めるため、計画項目間の調整や全体工程計画としてまとめることに手間がかかる	1)作業実績のデータや経験が乏しい場合は適切ではない 2)作業の行為によってどのような現場の進捗状況になっているかの把握が難しい	1)作業実績のデータや経験が乏しい場合は適切ではない 2)現場の各時点で必要な作業の行為の順序関係の把握が難しい

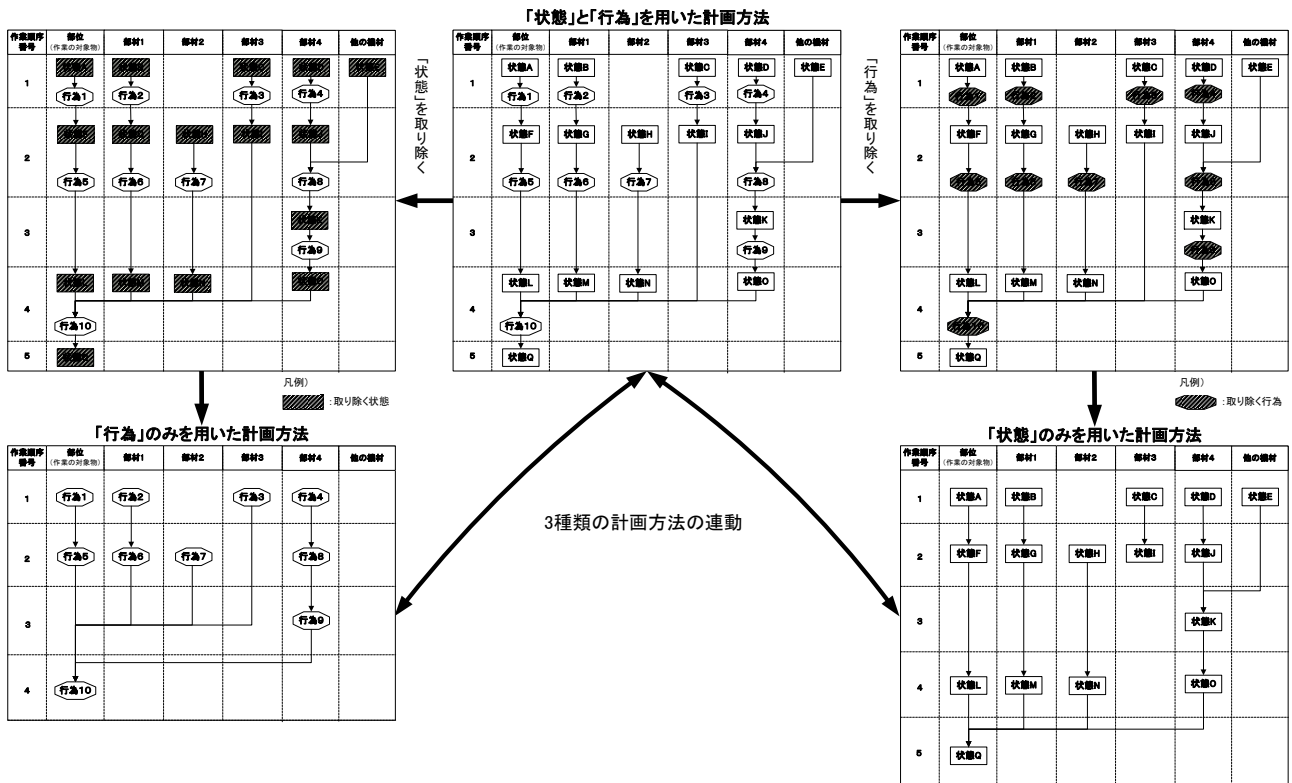


図. 4. 2. 1 作業プロセスの計画のための3種類の計画方法

3種類の計画方法を用いた作業プロセスの作成のために必要とする要素を4つに分け、それを基に作成を行うこととした。そして、それを図式化したものが図. 4. 2. 2である。

- 1) 作業順序番号：ある作業を行うために作業の対象に対する作業の順序関係を示す。
- 2) 作業の対象物：作業を行う部位又は、施工箇所のことである。
- 3) 部材：作業の対象に対して作業を行うために必要とする部材のことである。
- 4) 他の機材：作業の対象に対して部材の作業を行うための付加的に必要とされる機材のことである。

作業順序番号	部位 (作業の対象物)	部材1	部材2	...	部材n	他の機材

図. 4. 2. 2 作業プロセスの作成のフォーム

A. 「状態」と「行為」を用いた計画方法

図. 4. 2. 3に示すように、作業プロセスの計画を「状態」と「行為」の連鎖で、状態と行為を連鎖しながら、一つ一つ検討を行い、作業計画を積み上げて行く方法である。

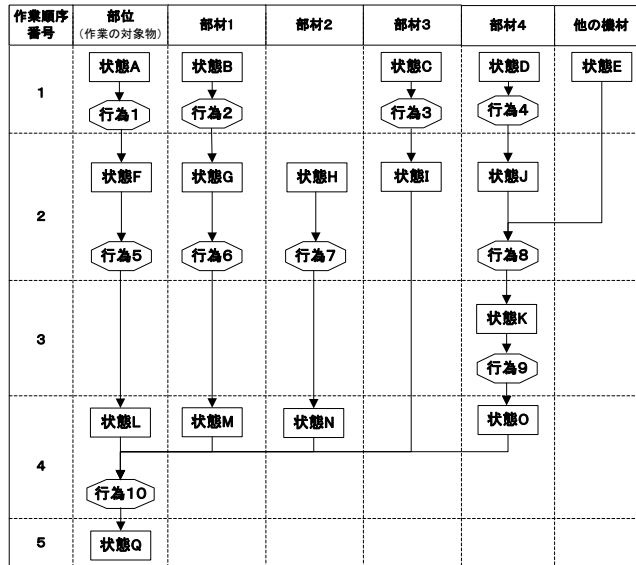


図. 4. 2. 3 「状態」と「行為」を用いた計画方法

(1) 作成の方法

- ①ある目的の作業を行うために、列毎にまず行うべき「状態」と「行為」を順序的に記述する。その時、「行為」を行うために必要とする「状態」を“～が存在している”という形式で記述する。そして、7つの「行為」(移動する、運搬する、保管する、計測する、加工する、接合する、解体する)の内、作業の手順によって「行為」を選定しつつ「状態」と「行為」を繋げる。
- ②「行為」を行った結果の「状態」は“～されている”という形式で記述し、次の作業のために必要とする「状態」がある場合は“～が存在している”という形式で記述しつつ次の「行為」と繋げる。
- ③目的とする作業が終わるまでは上記の①と②を繰り返しつつ記述する。
- ④列毎の記述が終わると、並行化・協調化の検討をしつつ列間の「状態」と「行為」を繋げる。

(2) 作成の事例

作成の事例として、図. 4. 2. 4(右)に示すように鋼製天井地作業におけるインサート、吊りボルト、ハンガー部材の接合を挙げる。

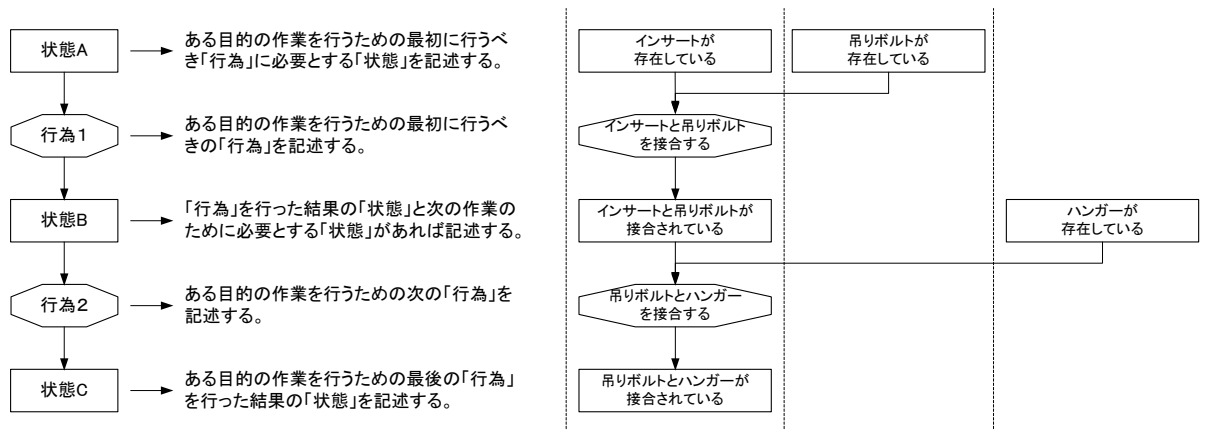


図. 4. 2. 4 「状態」と「行為」を用いた計画方法の作成の概念図(左)と作成の事例(右)

## B. 「行為」のみを用いた計画方法

図. 4. 2. 5 に示すように、作業プロセスの計画を「行為」のみの連鎖で、行為と行為の順序関係の検討をしながら全体の作業計画を立案して行く方法である。

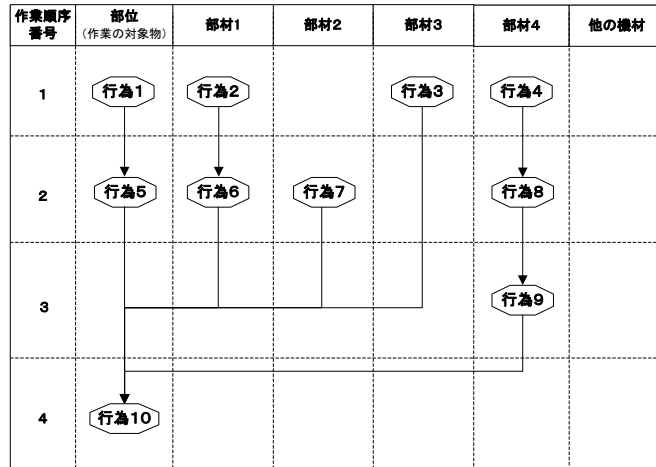


図. 4. 2. 5 「行為」のみを用いた計画方法

### (1) 作成の方法

- ①ある目的の作業を行うために、列毎にまず行うべき「行為」を選定して順序的に記述する。その時、7つの行為(移動する、運搬する、保管する、計測する、加工する、接合する、解体する)の内、列毎に作業の手順によって「行為」と「行為」を繋げる。
- ②目的とする作業が終わるまでは上記の①を繰り返しつつ記述する。
- ③列毎の記述が終わると、並行化・協調化の検討をしつつ列間の「行為」と「行為」を順序的に繋げる。

### (2) 作成の事例

作成の事例として、図. 4. 2. 6(右)に示すように鋼製天井下地のインサート、吊りボルト、ハンガーの部材の接合を挙げる。

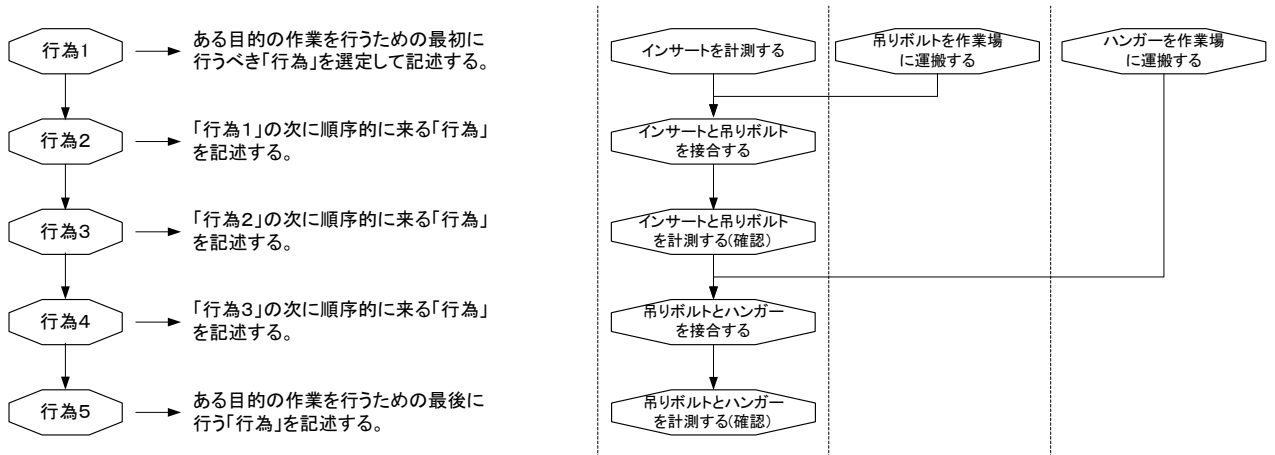


図. 4. 2. 6 「行為」のみを用いた計画方法の作成の概念図(左)と作成の事例(右)

C. 「状態」のみを用いた計画方法

図. 4. 2. 7 に示すように、作業プロセスの計画を「状態」のみの連鎖で、状態と状態の順序関係の検討をしながら全体の作業計画を立案して行く方法である。

作業順序 番号	部位 (作業の対象物)	部材1	部材2	部材3	部材4	他の機材
1	状態A	状態B		状態C	状態D	状態E
2	状態F	状態G	状態H	状態I	状態J	
3					状態K	
4	状態L	状態M	状態N		状態O	
5	状態Q					

図. 4. 2. 7 「状態」のみを用いた計画方法

(1) 作成の方法

- ①ある目的の作業を行うために、列毎にまずあるべき「状態」を順次的に記述する。その時、まず、必要とする「状態」を“～が存在している”という形式で記述する。次に、変化した「状態」を“～されている”という形式で記述しつつ「状態」と「状態」を繋げる。
- ②目的とする作業が終わるまでは上記の①を繰り返しつつ記述する。
- ③列毎の記述が終わると、並行化・協調化の検討をしつつ列間の「状態」と「状態」を順次的に繋げる。

(2) 作成の事例

作成の事例として、図. 4. 2. 8(右)に示すように鋼製天井下地のインサート、吊りボルト、ハンガーの部材の接合を挙げる。

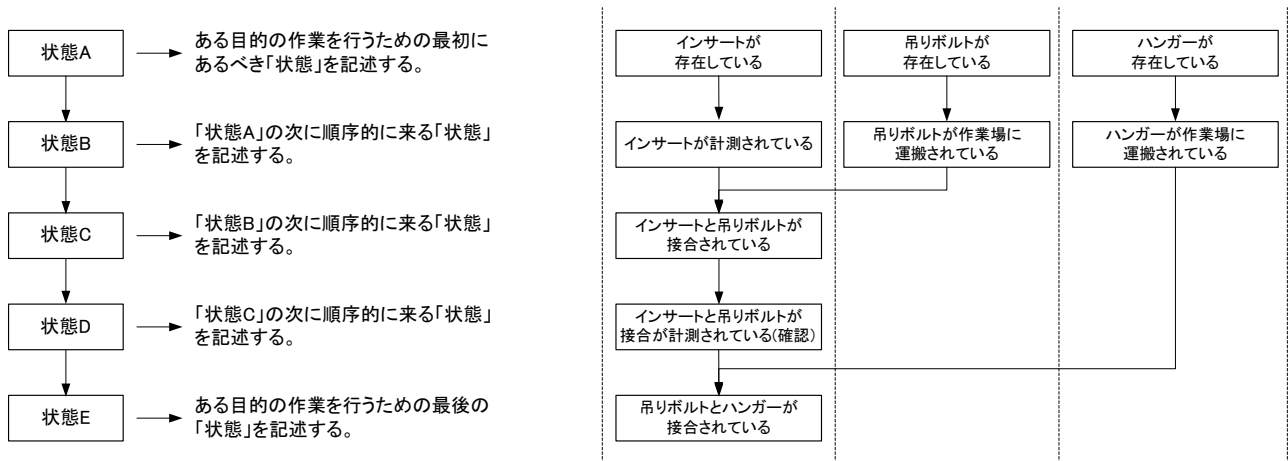


図. 4. 2. 8 「状態」のみを用いた計画方法の作成の概念図(左)と作成の事例(右)



#### 4.2.2. ワークパッケージによる計画の表現

##### A. ワークパッケージの作成

前述の 4.1.3 では、動詞による状態と行為の連鎖関係を明確にした。ここでは、7つの行為(移動・運搬・保管・計測・加工・接合・解体)から生まれる状態と行為の関係を、場面ごとの 1 つのワークパッケージとして捉え、それらの連鎖によって作業プロセスの表現をする。ただし、鋼製天井壁下地作業の内、解体のワークパッケージの作成は除くこととした。天井工事の鋼製天井下地作業の事例とした状態の情報は、表. 4.2.2 のようになる。

表. 4.2.2 事例とした天井工事の鋼製天井下地作業の状態の情報

鋼製天井下地作業の状態の情報			
空間	部位	部材	機材
101棟 2階 201号	天井	コンクリート天井スラブ	切断機
		インサート	足場
		吊りボルト	スパナ
		ハンガー	メジャ
		野縁受	運搬機
		クリップ	他の機材
		野縁	
		天井ボード	
		天井クロス	

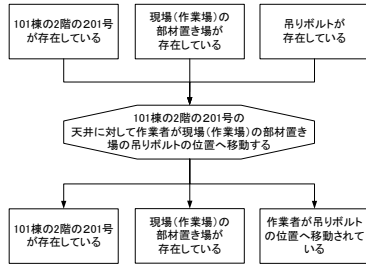
図. 4.2.9 は、天井工事の鋼製天井下地作業をワークパッケージとして作成を行った図を一部抜粋したものである(付章参照)。そして、図. 4.2.11 は、天井工事の鋼製天井下地作業のインサートと吊りボルトのワークパッケージの連鎖に必要なワークパッケージを羅列し、矢印によりワークパッケージ間の連鎖を行い、それを整理したものが図. 4.1.13 である。

また、図. 4.2.14 から図. 4.2.16 までは、ミクロ的な状態と行為の関係からマクロ的な状態と行為の作成方法を示す。そして、天井工事の鋼製天井下地作業の内、インサートと吊りボルト作業のミクロ的な作業プロセスの計画を図. 4.2.13 に示し、マクロ的な作業プロセスとして表現したのが図. 4.2.17 である。

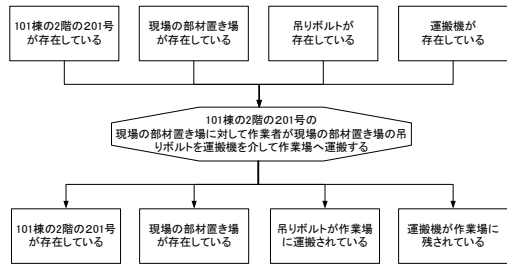
(凡例)

- : 状態を示す
- ◇ : 行為を示す
- : 状態と行為の連鎖を示す

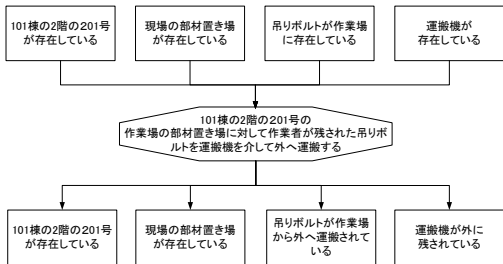
### 吊りボルトの位置への移動作業



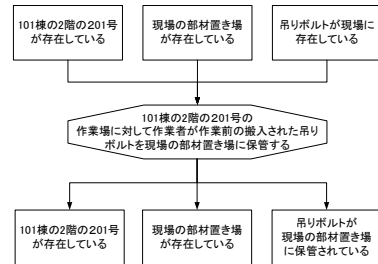
### 作業前の保管されている吊りボルトの運搬作業



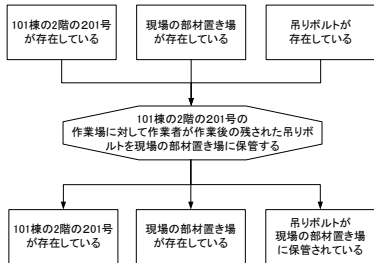
### 作業後の作業場に残された吊りボルトの運搬作業



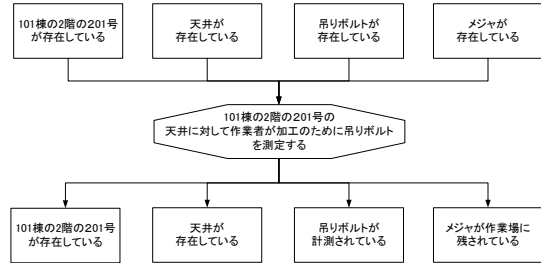
### 作業前の現場に搬入された吊りボルトの保管作業



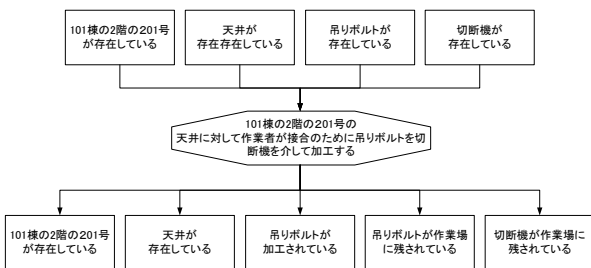
### 作業後の現場に残された吊りボルトの保管作業



### 吊りボルトの計測作業



### 吊りボルトの加工作業



### インサートと吊りボルトの接合作業

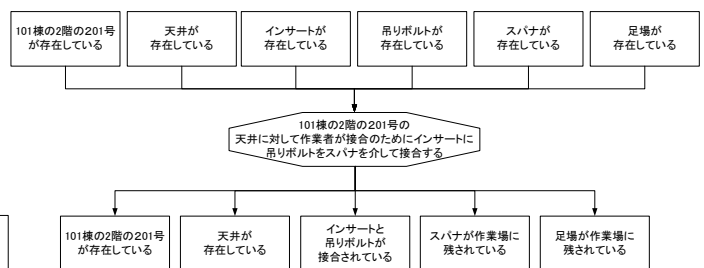


図. 4. 2. 9 天井工事の鋼製天井下地作業のワークパッケージ(吊りボルトの例)

## B. ワークパッケージの連鎖

作業プロセスを作成するために、ワークパッケージの概念を取り入れ、状態と行為を一つの単位として捉えている。この1ずつのワークパッケージを連鎖することによって作業プロセスの計画が可能となる。図. 4. 2. 10 は、前述の 4. 1. 3 に基づく、モノを計測するためのメジャに関するワークパッケージ間の連鎖を示した。

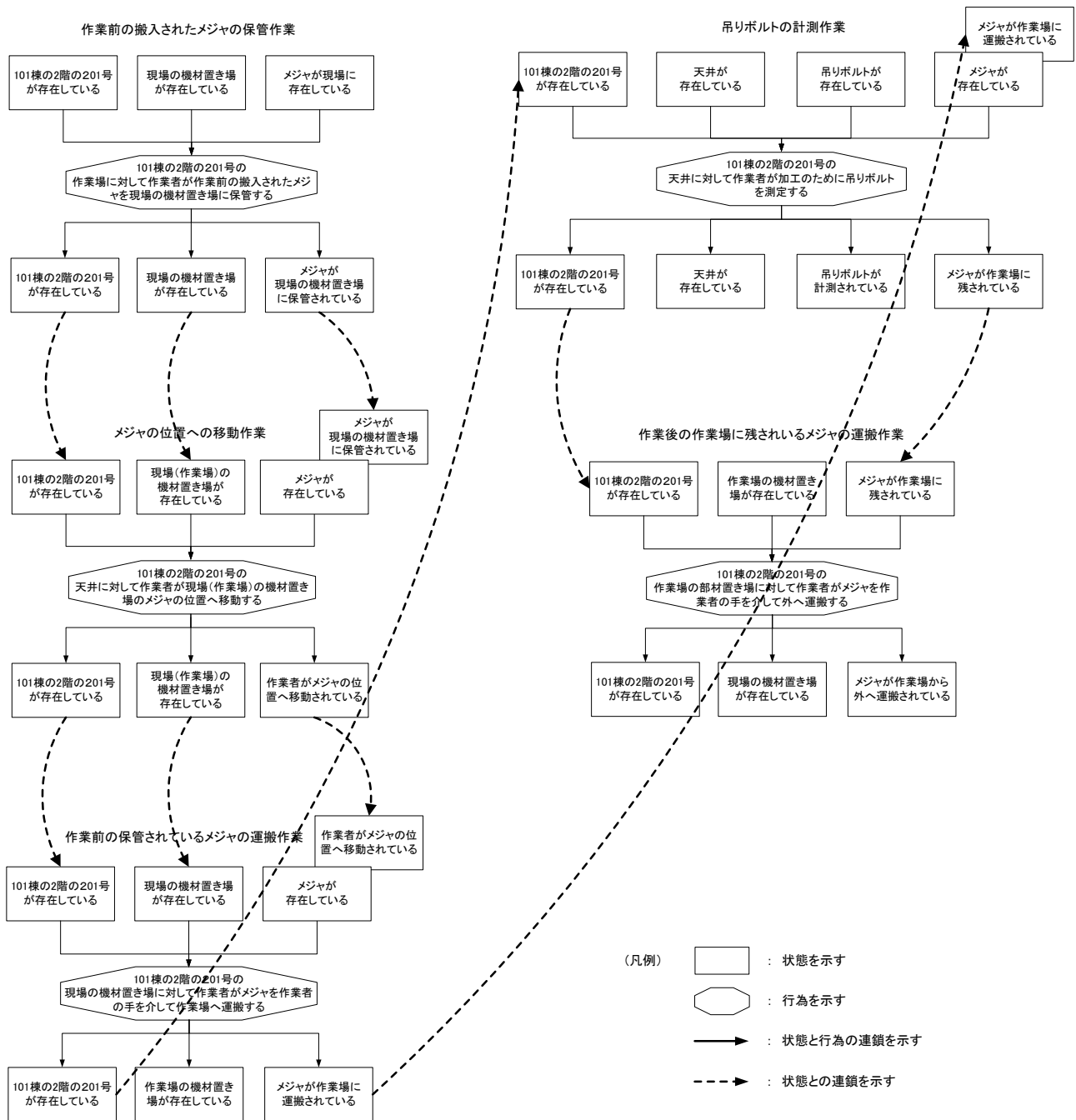


図. 4. 2. 10 メジャのワークパッケージ間の連鎖

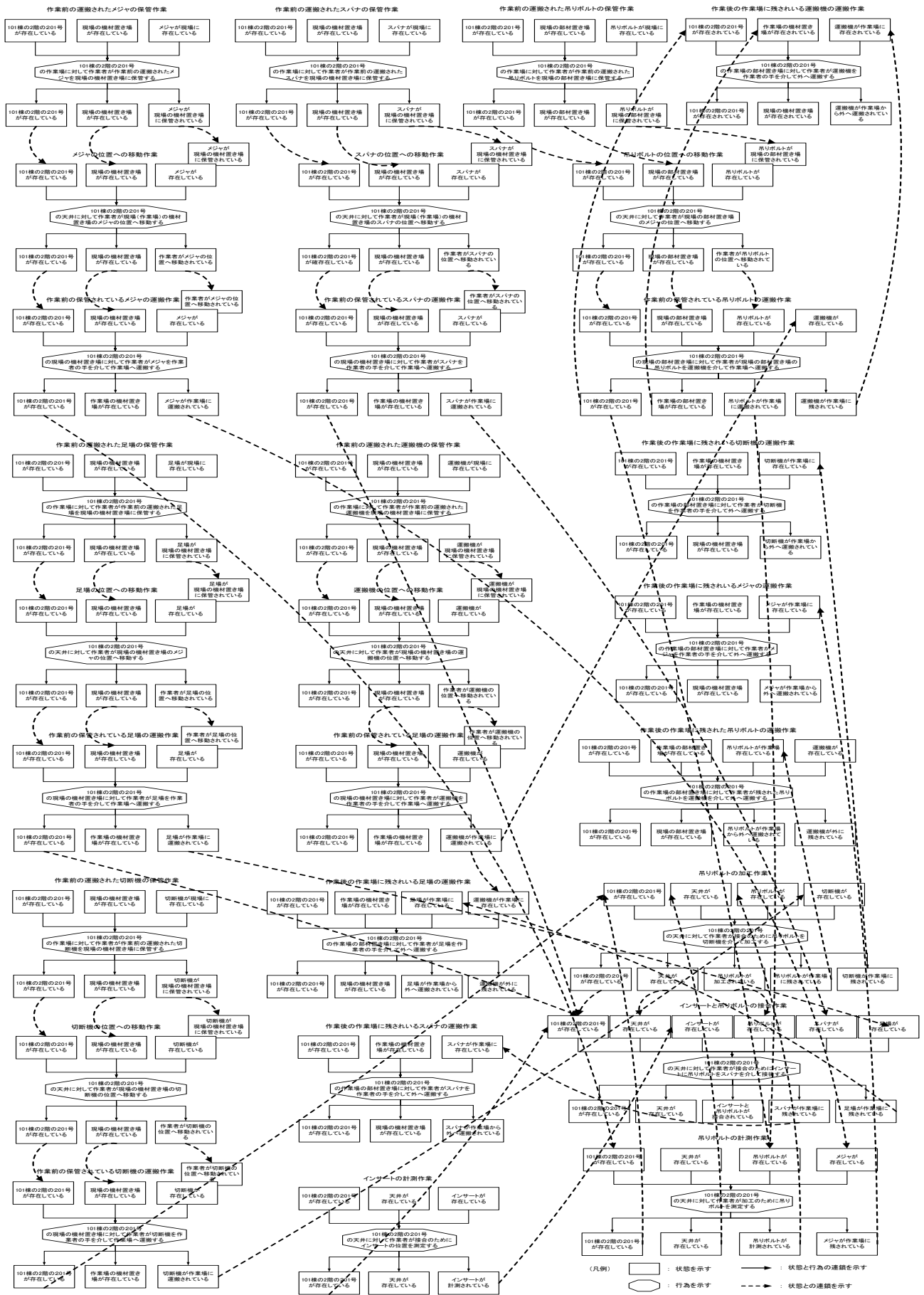


図. 4. 2. 11 天井工事の鋼製天井下地作業のインサートと吊りボルトのワークパッケージの連鎖

### C. ワークパッケージを用いた作業プロセスの構築

工事に含まれている作業ごと、即ち、作業単位ごとに分割する。それによって作業のプロセスが把握でき、工事の仕組みや分析に有効であると判断される。

作業プロセスを状態と行為として表現するワークパッケージの作成を行う。そして、作成されたワークパッケージの連鎖によって作業プロセスが作られ、完成すると作業プロセスとなる。ただし、一つの工事の全体を考慮しながらワークパッケージを連鎖させる。このような手順によって作業プロセスの分析も可能となり、最適な作業プロセスの仕組みを完成して行き、ワークパッケージの連鎖による最終的な工事が構築される。

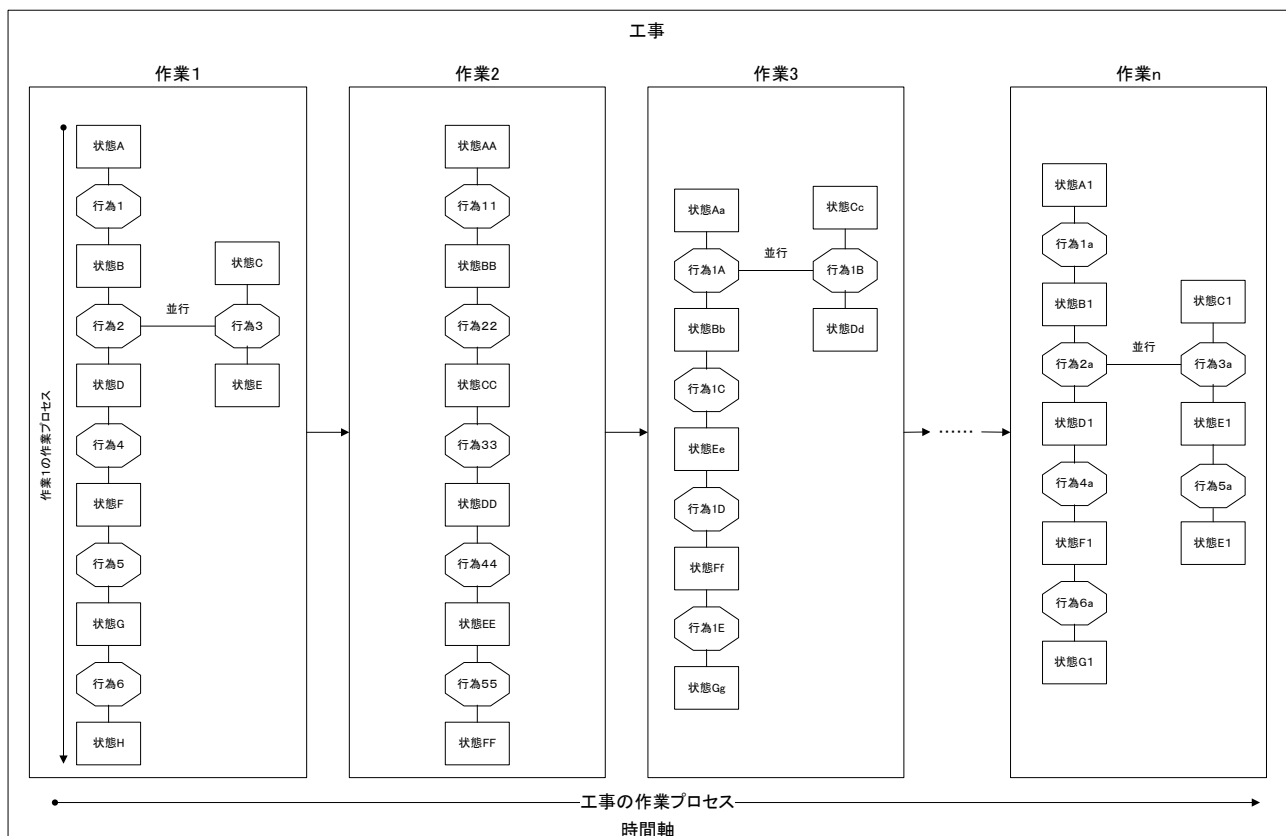


図. 4. 2. 12 作業プロセスによる工事の構築の概念図

上記の図. 4. 2. 12 に示すように一つの工事は、幾つかの作業によって構成されている。最初の作業から最後の作業を全て行った場合、その工事が終了することとなる。

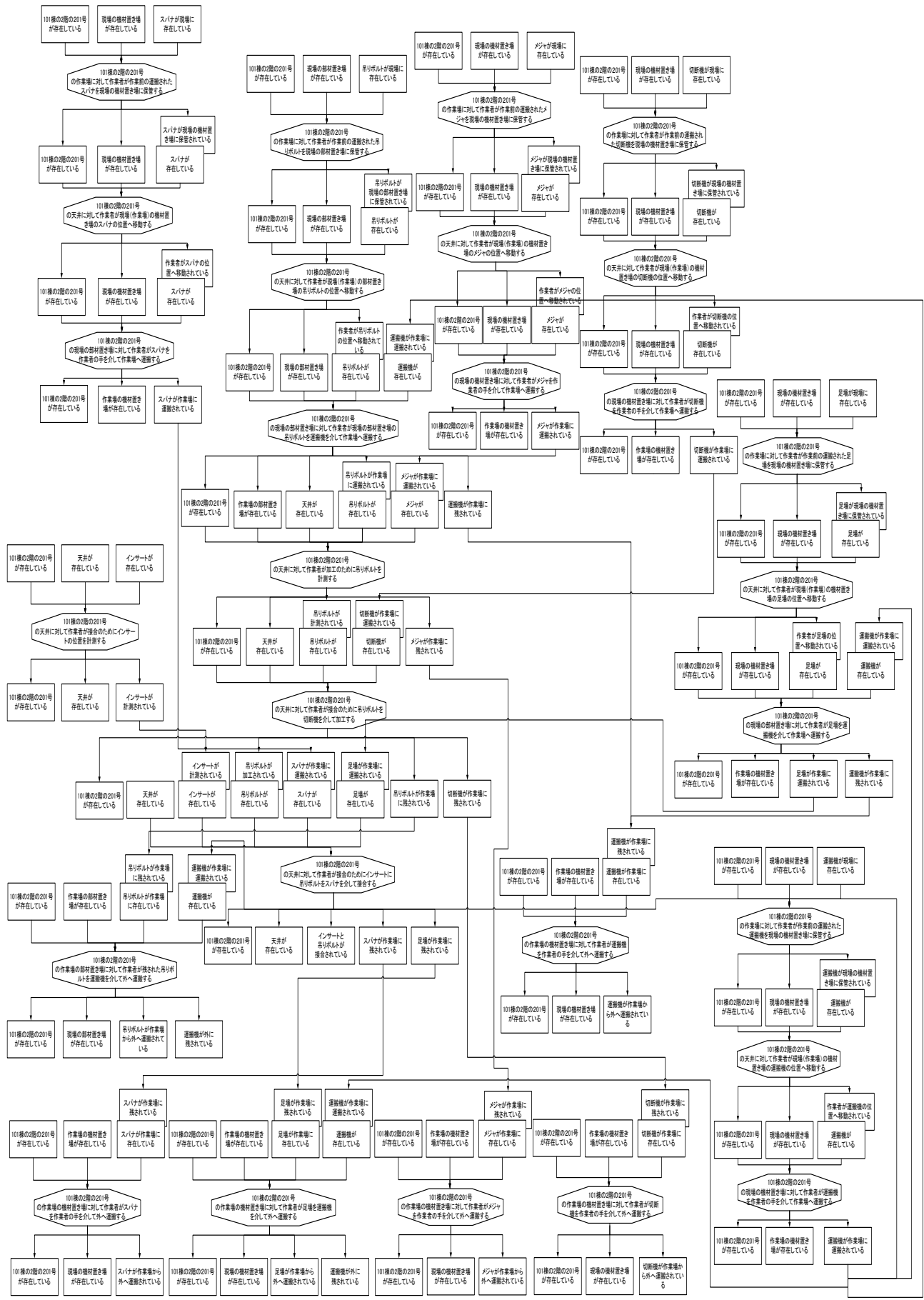


図. 4. 2. 13 天井工事の鋼製天井下地作業のINSERTと吊りボルトのミクロ的な作業プロセス図

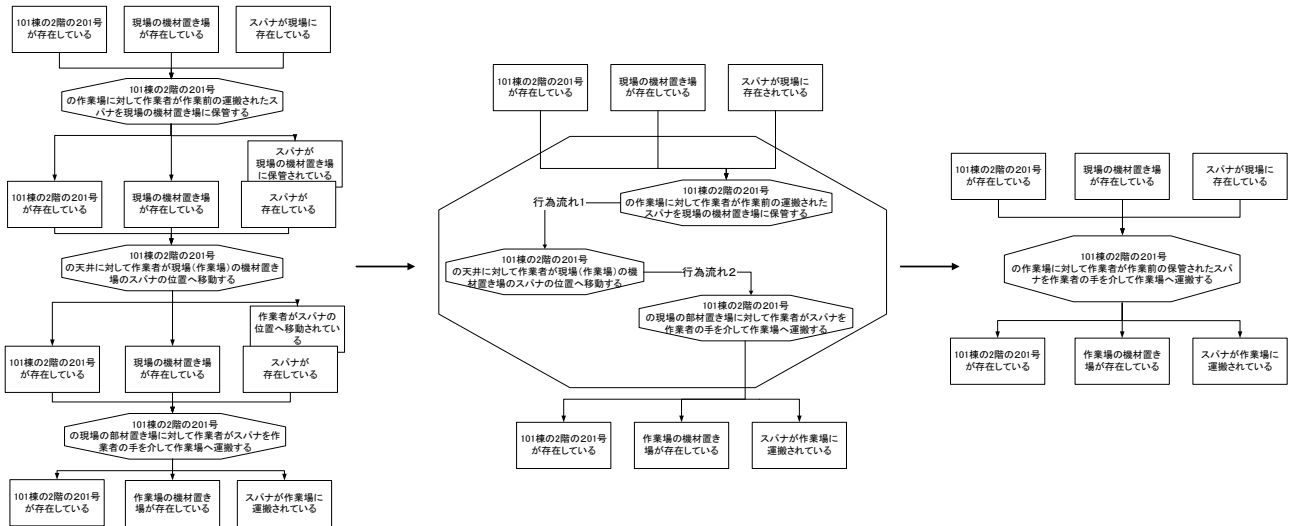


図. 4.2.14 ミクロ的な「状態」と「行為」の関係からマクロ的な「状態」と「行為」の関係への作成事例1（作業途中必要な状態が発生しない場合）

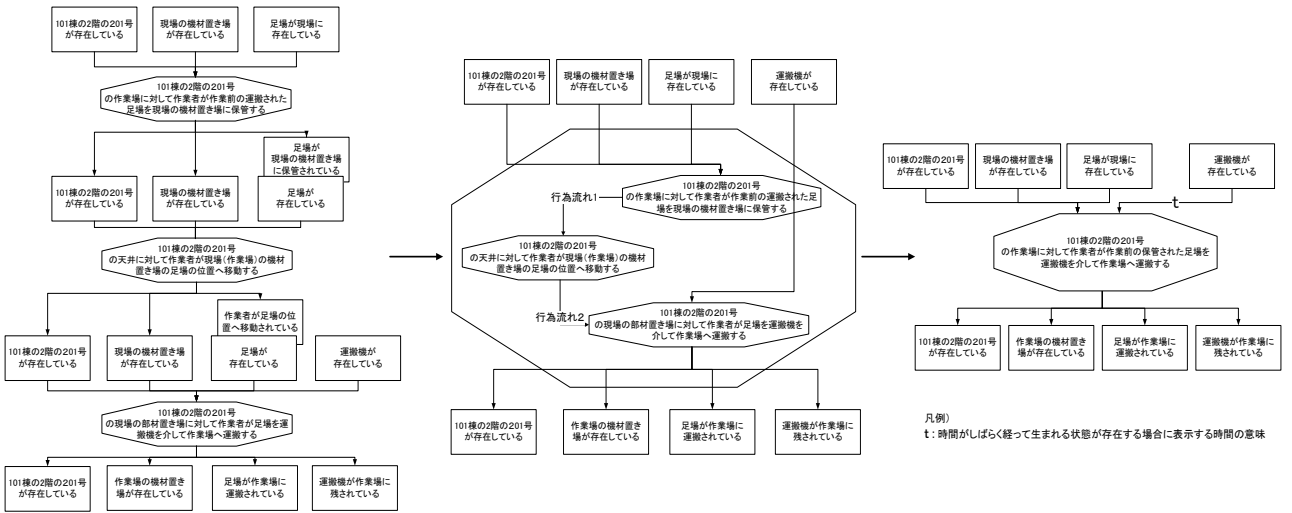


図. 4.2.15 ミクロ的な「状態」と「行為」の関係からマクロ的な「状態」と「行為」の関係への作成事例2（作業途中必要な前状態が発生した場合）

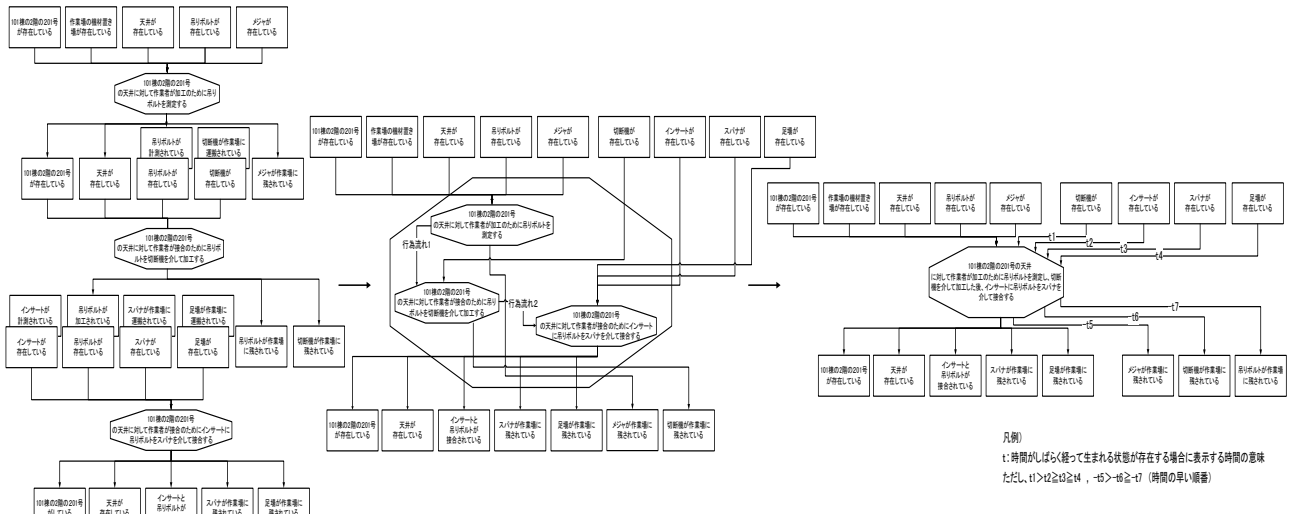


図. 4.2.16 ミクロ的な「状態」と「行為」の関係からマクロ的な「状態」と「行為」の関係への作成事例3（作業途中必要な前状態と後状態が発生した場合）

上記の図. 4. 2. 14、図. 4. 2. 15、図. 4. 2. 16 は、ミクロ的な「状態」と「行為」の関係からマクロ的な「状態」と「行為」の関係への作成の事例を示し、「状態」と「行為」の関係をミクロ的な観点からマクロ的な観点に示すことができる。マクロ的な作業プロセス図を書く場合、「前状態」から「行為」、「行為」から「後状態」に変化する際に生じる時間の処理を任意の時間として“t<sub>n</sub>”という表現をすることとし、“t”はtimeの略字でlead timeを意味し、“n”はnumberの略字で“t”を区別するための数字を意味し、整数で記入することとする。なお、「行為」を行う「前状態」の場合には「状態」から「行為」へ結ぶ線に“t<sub>n</sub>”で記述し、「行為」を行った「後状態」の場合には「行為」から「状態」へ結ぶ線に“-t<sub>n</sub>”で記述する。即ち、“t<sub>n</sub>”の+(正)と-(負)の符号の基準は「行為」である。ただし、別のワークパッケージとの“t<sub>n</sub>”の前後とは関係ない独立であることとする。なお、一つのワークパッケージ(「前状態」-「行為」-「後状態」)の内での時間の流れの順番を区別するために“<”、“>”、“≤”、“≥”などの符号で示すこととした。図. 4. 2. 17 は、図. 4. 2. 13 をマクロ的な作業プロセス図に変換した場合である。

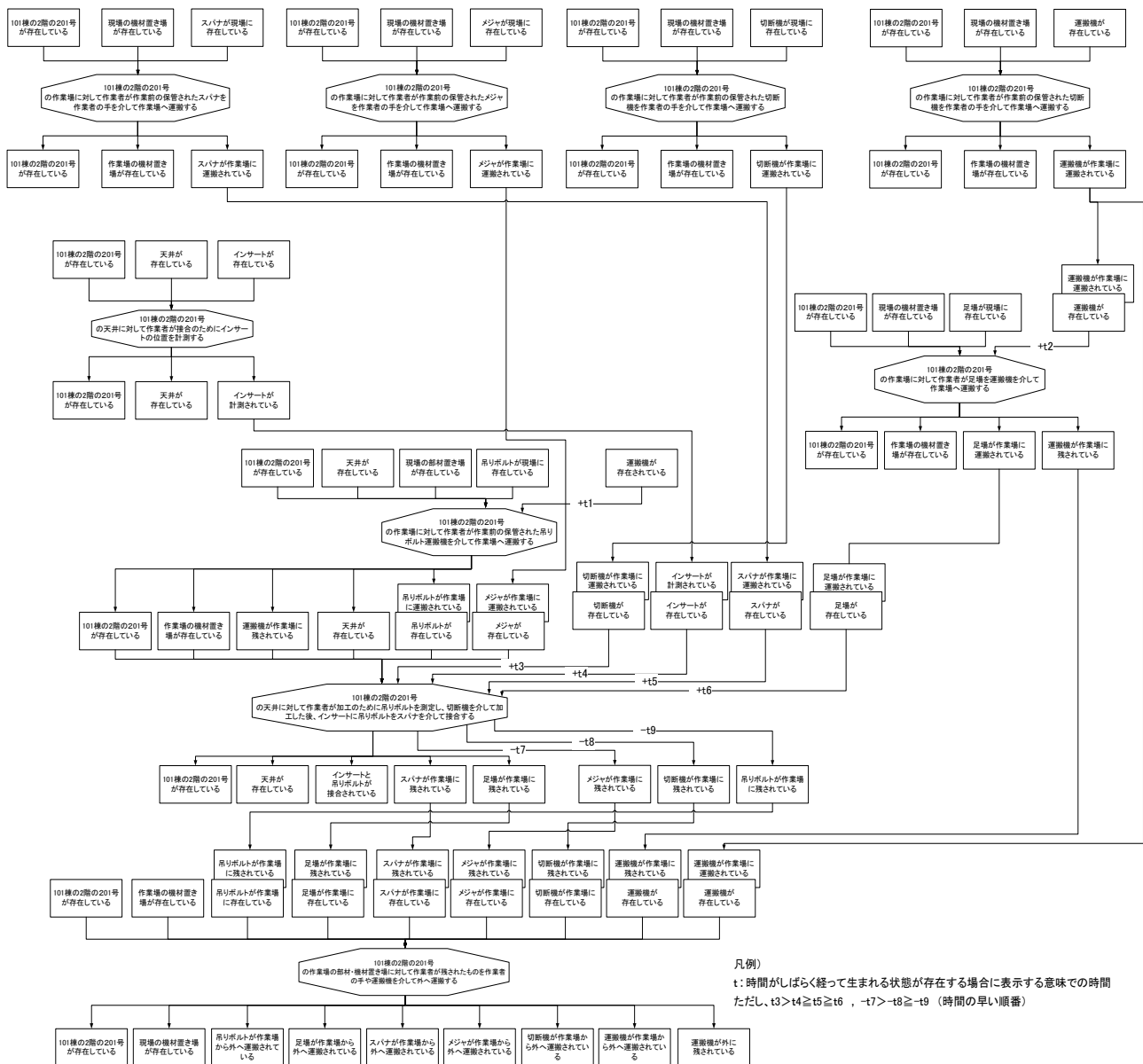


図. 4. 2. 17 天井工事の鋼製天井地下作業のインサートと吊りボルトのマクロ的な作業プロセス図



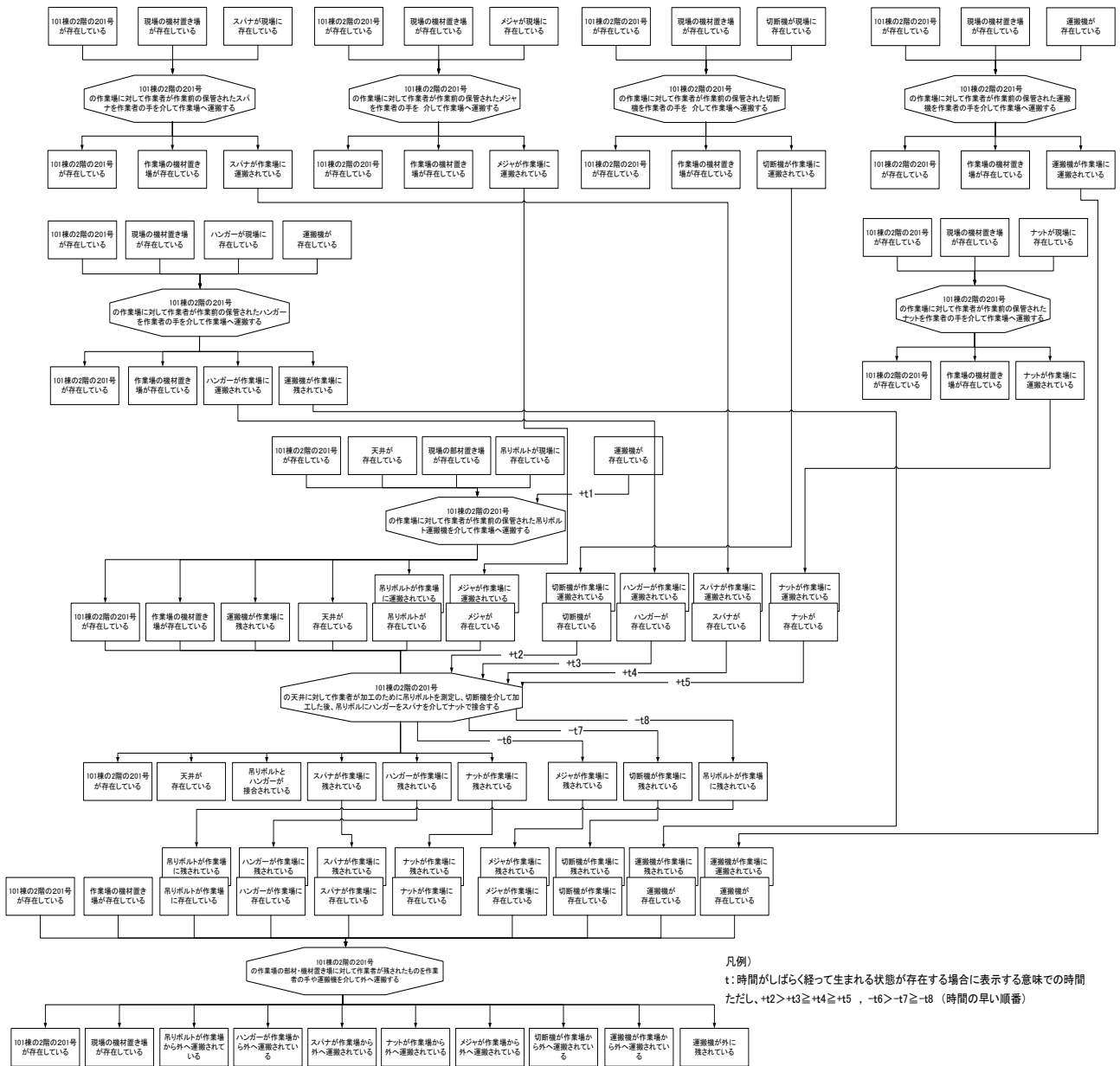


図. 4. 2. 18 天井工事の鋼製天井下地作業の吊りボルトとハンガーのマクロ的な作業プロセス図

図. 4. 2. 18 は、天井工事の鋼製天井下地作業の吊りボルトとハンガーのマクロ的な表現で作成した作業プロセス図である。このように建築工事における作業をマクロ的に、ミクロ的に表現し、作業プロセス図を作成することが可能である。

### 4.2.3. 部材の機能分析と作業プロセスの計画

建築工事における作業の流れを表現するために、行う作業を分析した後、その作業の進み方を表現する作業プロセスの計画方法が必要である。

#### A. 作業の分析

作業プロセスを作成するためには、まず、行う作業の部材を分析する必要がある。そのためには、作業を行う対象の部材を把握し(図. 4.2.19)、その部材の機能分析(表. 4.2.3)を行い、部材間の接合関係(図. 4.2.20)を作成することによって、作業プロセスの計画のための情報として扱う。ここでは、天井工事である鋼製床下地の事例として機能分析することとした。

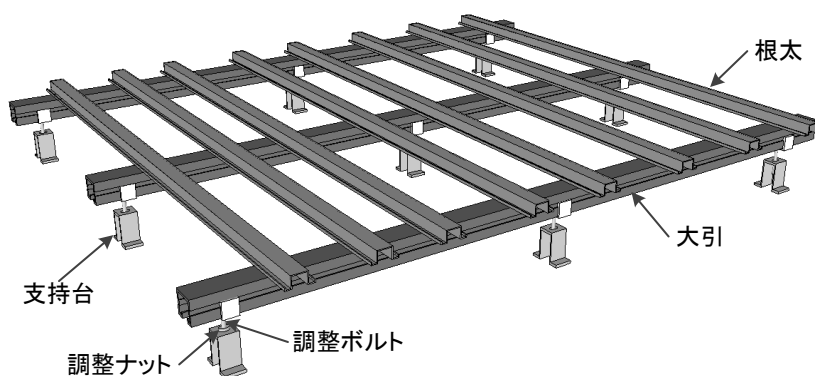


図. 4.2.19 鋼製床下地の部材の名称

表. 4.2.3 鋼製床下地の部材の機能分析

部材	部材が果たす完成時の機能 【部材が果たす作業時の機能】 -VE手法の第1次レベル	制約条件	接合関係	部材の機能定義 -VE手法の第2次レベル
根太	床荷重を大引に伝え、力を分散させる。 【大引き割り付けを行い、配置させる。】	一定の間隔で根太を並べるようにする。	大引	床の接合箇所を与える 床を形成するための横長さを与える 床の荷重を大引に伝える
大引	コンクリートにしっかり固定して引き抜けに対抗し、コンクリート床板下部にネジ穴を形成する。 【大引き割り付けを行い、配置させる。】	一定の間隔で大引を並べるようにする。	根太 緩衝材	根太の接合箇所を与える 床を形成するための横長さを与える 根太の荷重を緩衝材に伝える
緩衝材	大引からの衝撃を吸収し、緩和させる。 【大引と緩衝材をしっかり固定する。】	大引と緩衝材をしっかり固定する。	大引 調整ナット 調整ボルト	大引の荷重を支持台に伝える 大引の接合箇所を与える 大引からの衝撃を吸収する
調整ナット	緩衝材下部と支持台上部を接合する。 【レベルを調整し、固定する。】	緩衝材下部と支持台上部の接合部位が所定の長さ調整が出来た後、しっかり固定する。	緩衝材 調整ボルト 支持台	緩衝材と調整ボルトを接合させる 支持台と調整ボルトを接合させる
調整ボルト	緩衝材下部と支持台上部の接合箇所を与え、高さも調整する 【レベルを調整する。】	緩衝材下部と支持台上部の接合部位が所定の長さ調整が出来るようにする。	緩衝材 調整ナット 支持台	緩衝材の接合箇所を与える 支持台の接合箇所を与える 緩衝材と支持台の高さを調整する 緩衝材の荷重を支持台に伝える
支持台	床全体の荷重を支える。 【コンクリート床面をよく清掃し、基準墨出しをする。】	床全体の荷重を支えるように十分な配置計画をする。	調整ボルト 調整ナット	調整ボルトの荷重を支える 調整ボルトの接合箇所を与える

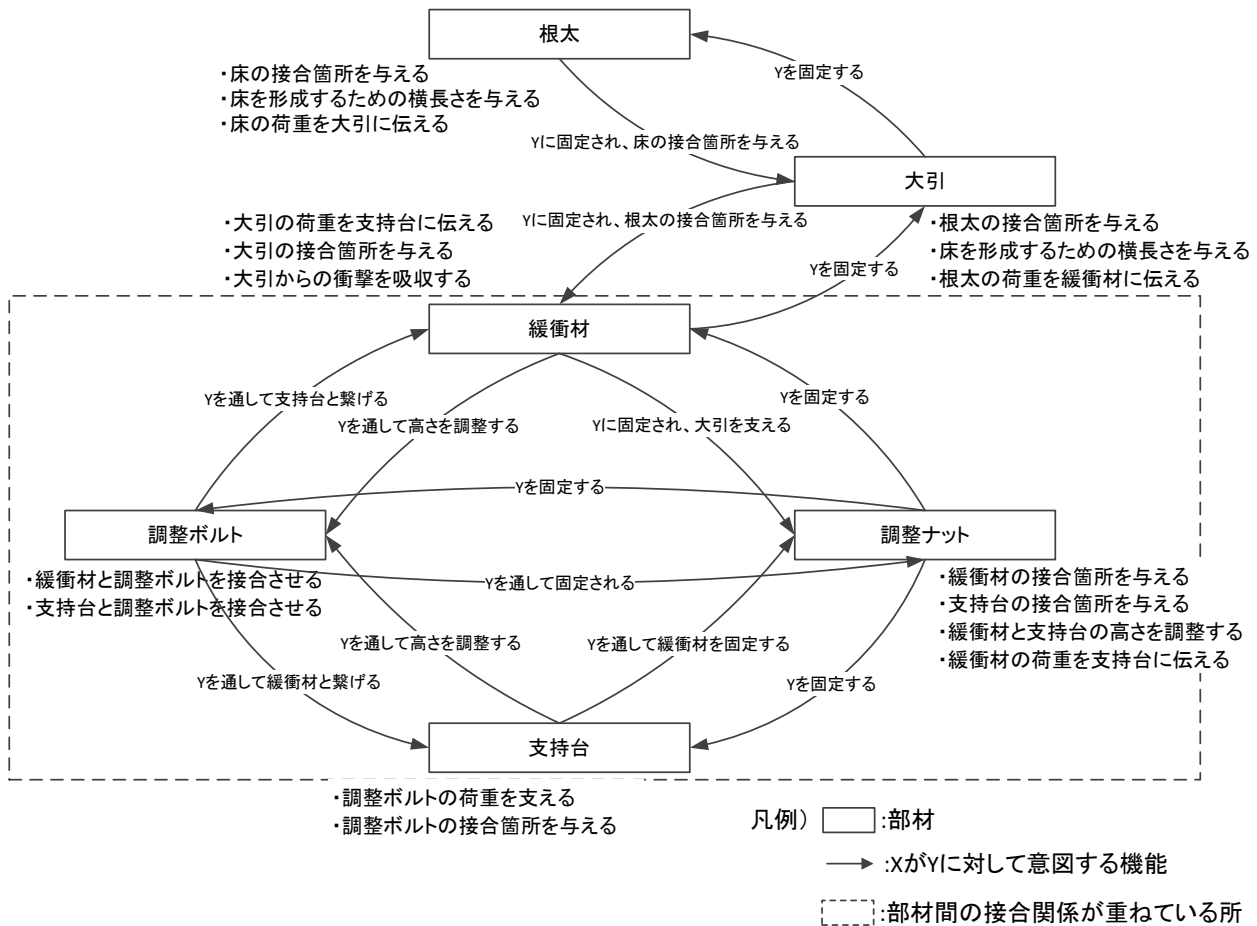


図. 4. 2. 20 鋼製床下地の部材間の接合関係

## B. 作業の並行化・協調化

建築作業における作業プロセスの立案時においては、作業内容とその作業の順序関係を検討し、各作業の手順を明確にしながら作業プロセスを立案していく必要がある。

大沢<sup>3)</sup>は、建物要素の細分化による作業の並行化、作業チームの編成による作業の協調化によって工期の短縮や投入資源の最適化を図ると示した。

そこで、本研究では作業プロセスの計画の際に、作業の並行化と作業の協調化の検討を行うこととし、それによって作業の生産性を向上させる。下記の図. 4. 2. 21は、作業プロセスを作成するための作業の並行化・協調化の検討の流れである。

### ①作業の並行化の検討

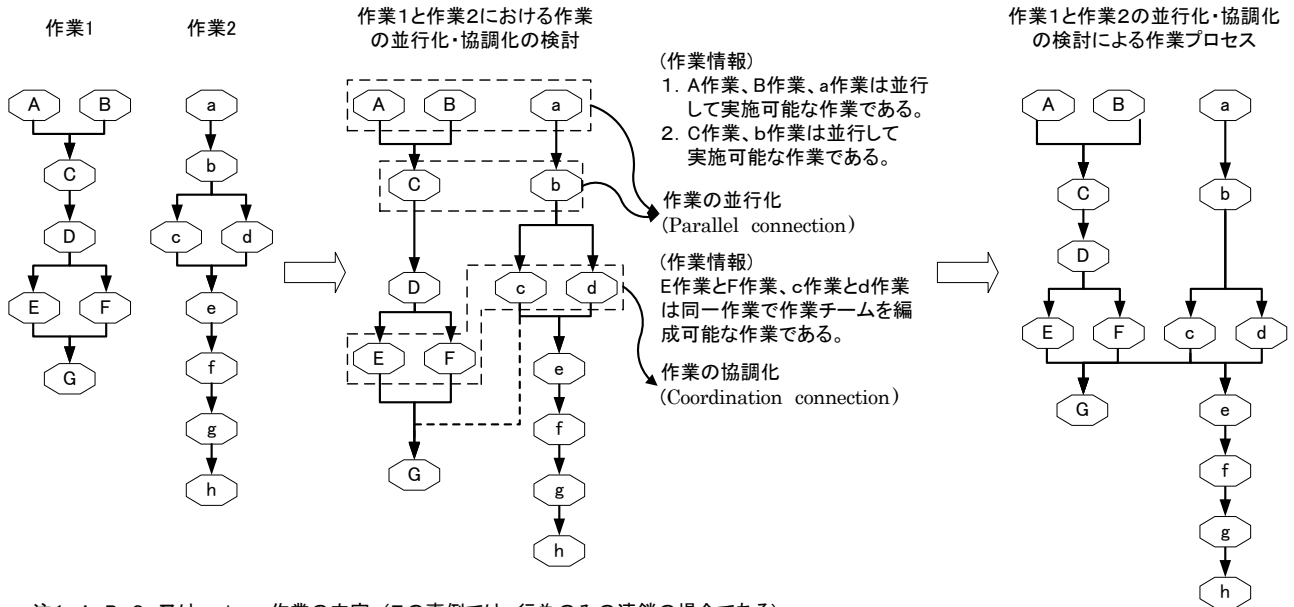
- 1) 同一作業空間(工区・作業場)において、同時に複数の作業が並行して実施できる作業同士を作業プロセス上に並行化し、それらの順序関係の再検討を行う。
- 2) 作業プロセスの計画の際、図. 4. 2. 1の作業プロセスの作成のフォームに従って、表. 4. 2. 3を基に作業手順番号の一つの軸上に並行化された「状態」又は「行為」を記述する。

### ②作業の協調化の検討

- 1) 同一作業空間(工区・作業場)において、同一作業(1つの作業の固まり；例)ランナーの加工とスタ

ッドの加工、ランナーの計測とスタッドの計測等) に関する作業チームが編成できる作業、又は、次の作業のためにまとめて作業を行う方が効率的になる作業を協調化し、それらの順序関係の再検討を行う。

2) 作業プロセスの計画の際、図. 4. 2. 1の作業プロセスの作成のフォームに従って、表. 4. 2. 3を基に作業順序番号の一つの軸上に並行化された「状態」又は「行為」を記述する。



注1. A, B, C 又は a, b, c: 作業の内容 (この事例では、行為のみの連鎖の場合である)  
 2. 本事例の“作業1”と“作業2”は、ある作業の全体の一部の各作業である。  
 3. 本事例においてはダミーアローを用いているが、理解のための表現であるので、ネットワーク手法でのダミーアローとは異なる。

図. 4. 2. 21 作業の並行化・協調化の検討

C. 作業の並行化・協調化の検討の記述様式

作業の並行化・協調化の検討を行う際、それぞれを識別できるように本研究では記述の様式を決めることとした(表. 4. 2. 4)。

表. 4. 2. 4 作業の並行化・協調化の検討の記述様式

記号	名称	内容	記述の位置
[---]	区分マーク	作業の並行化・協調化、それ以外の作業をそれぞれ区分させるための枠である。	「状態」および「行為」の作業を示す。 “□”と“○”を囲む
PN(-n)	作業の並行化	作業の並行化の対象となる作業に付ける表示である。 N: 作業順序番号, n: グループ番号 ただし、グループが単独である場合は“n”を省略する。	区分マークの上部の左側に記述する。
CN(-n)	作業の協調化	作業の協調化の対象となる作業に付ける表示である。 N: 作業順序番号, n: グループ番号) ただし、グループが単独である場合は“n”を省略する。	区分マークの上部の右側に記述する。
LN	—	作業の並行化・協調化に該当しない作業に付ける表示である。 N: 作業順序番号	区分マークの中部の左側に記述する。

### 4.3. 鋼製壁下地作業における適用

#### 4.3.1. 鋼製壁下地の分析

本研究の事例として建物の内装工事の一つである鋼製壁下地の作業を事例とし、作業を完成させるための「状態」と「行為」を用いて作業プロセスの構築を行う。そのため、作業に必要とする部材をVE(Value Engineering)手法である機能分析を行い、部材の機能を把握する。

#### A. 鋼製壁下地の各部材

下記の図. 4.3.1は、事例の鋼製壁下地の図とその部材の名称である。

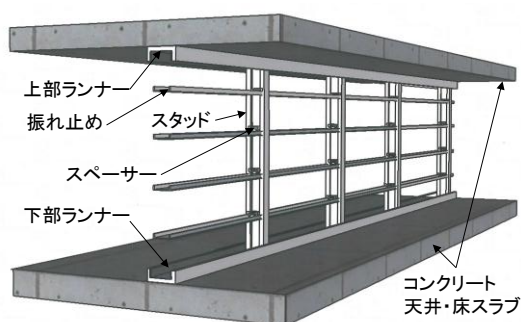


図. 4.3.1 鋼製壁下地の部材の名称

#### B. 鋼製壁下地の各部材の機能分析

図. 4.3.1を基にして表. 4.3.1のように鋼製壁下地の各部材に関する機能分析を行った。これによって、各部材の機能(役割)が把握でき、鋼製壁下地の各部材の接合関係図(図. 4.3.2)が作成できる。

表. 4.3.1 鋼製壁下地の部材の機能分析

部材	部材が果たす完成時の機能 【部材が果たす作業時の機能】 -VE手法の第1次レベル	制約条件	接合関係	部材の機能 -VE手法の第2次レベル
コンクリート天井スラブ	コンクリート躯体としての天井を形成する。 【上部ランナーの接合部位を与える。】	上部ランナーがしっかりと固定できるように強度を保つ。	上部ランナー	上部ランナーの接合箇所を与える 横軸の面を与える
コンクリート床スラブ	コンクリート躯体として床を形成し、荷重を梁に伝え、力を分散させる。 【下部ランナーの接合部位を与える。】	下部ランナーがしっかりと固定できるように強度を保つ。	下部ランナー	下部ランナーの荷重を梁に伝える 下部ランナーの接合箇所を与える 横軸の面を与える
上部ランナー	コンクリート天井スラブにしっかりと固定して引き抜けに対抗し、スタッドを建てるための形を形成する。 【スタッドを建てるための形を設け、安定させる。】	上部ランナーが振れないように固定する。	コンクリート天井スラブ スタッド	スタッドの接合箇所を与える スタッドを安定させる
下部ランナー	コンクリート床スラブにしっかりと固定して引き抜けに対抗し、スタッドを建てるための形を形成する。 【スタッドを建てるための形を設け、安定させる。】	下部ランナーが振れないように固定する。	コンクリート床スラブ スタッド	下部ランナーに受けている荷重をコンクリート床スラブに伝える スタッドの接合箇所を与える スタッドを安定させる
スタッド	非構造体として縦軸を形成し、縦の面を与える。 【ランナーに間隔を置きながら建て込む。】	振れ止めが水平に通るようにスタッドに設けられた振れ止め用の貫通孔を正しい位置に設ける。	上部ランナー 下部ランナー スペーサー 振れ止め	非構造体を形成する 縦軸を形成する 縦軸の面を与える 振れ止めの接合箇所を与える
スペーサー	スタッドの曲げを防止し、振れ止めの浮きが生じないように固定する。 【スタッドの端部を押さえ、ある間隔を維持させながら振れ止めを固定する】	スペーサーの位置を正しくセットする。	スタッド 振れ止め	スタッドの曲げを防止する 振れ止めの浮きを固定する
振れ止め	スタッドを補強し、横の面を与える。 【スタッドと一体化させる。】	スタッドの振れ止め用の貫通孔を通してスペーサーに固定する。	スタッド スペーサー	スタッドを補強する 横軸の面を与える

C. 鋼製壁下地の部材の接合関係の明確化

鋼製壁下地の部材間の接合関係は、表. 1 を基として作成すると図. 4. 3. 2 のようになり、鋼製壁下地の各部材間の接合関係を実線の矢印でそれぞれの関係性を示した。図. 4. 3. 2 の各部材の機能と他の部材間の関係性により、作業プロセスの計画のための作業のイメージができる。この鋼製壁下地の部材の接合関係図から特に、点線の四角に囲まれている振れ止めとスペーサーの場合、両方ともスタッドに繋がっている。これは、作業プロセスを作成する際、スタッドは“スタッドと振れ止めの接合”また“スタッドとスペーサーの接合”として2回の接合が必要であることが分かる。

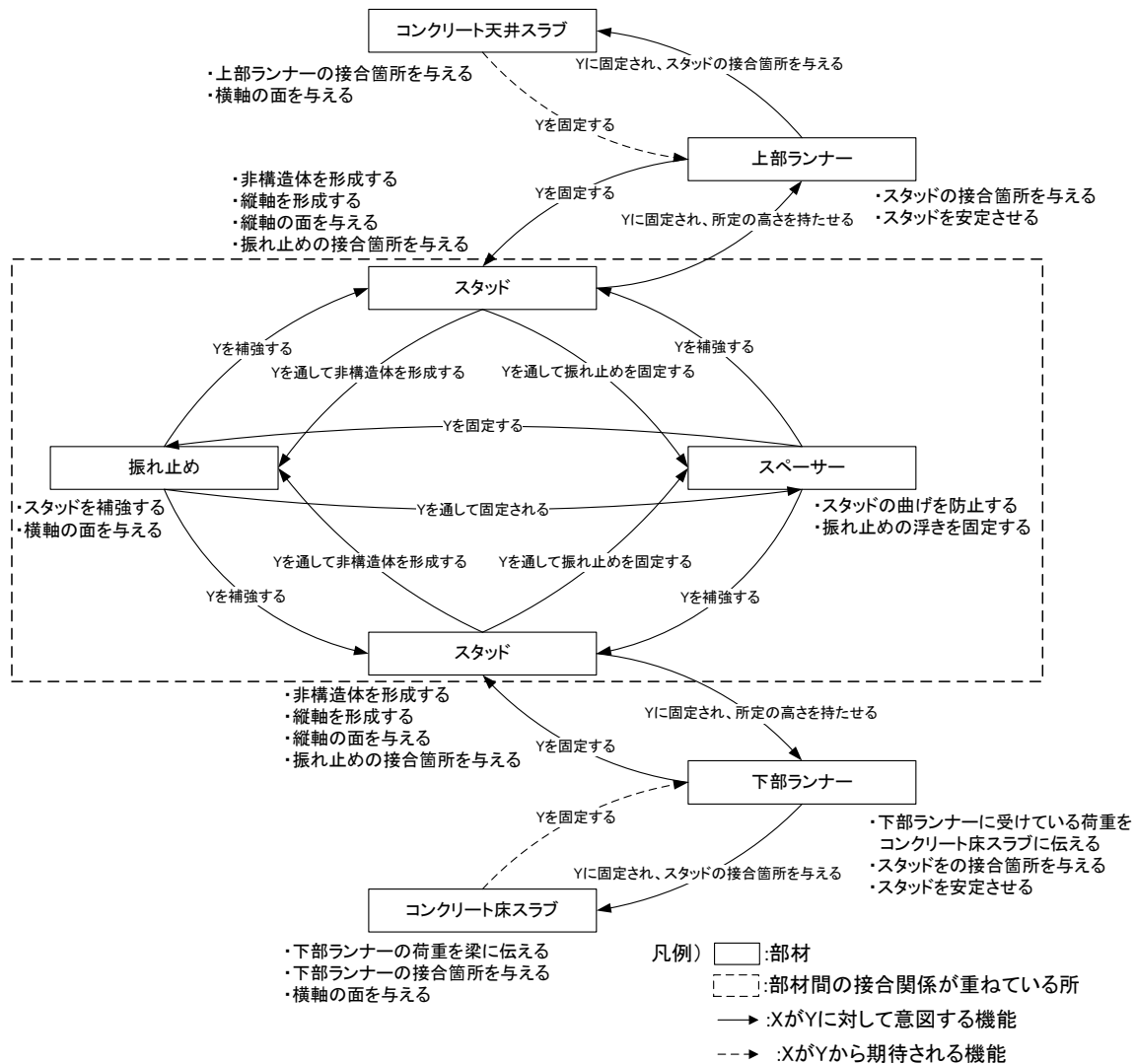


図. 4. 3. 2 鋼製壁下地の部材の接合関係図



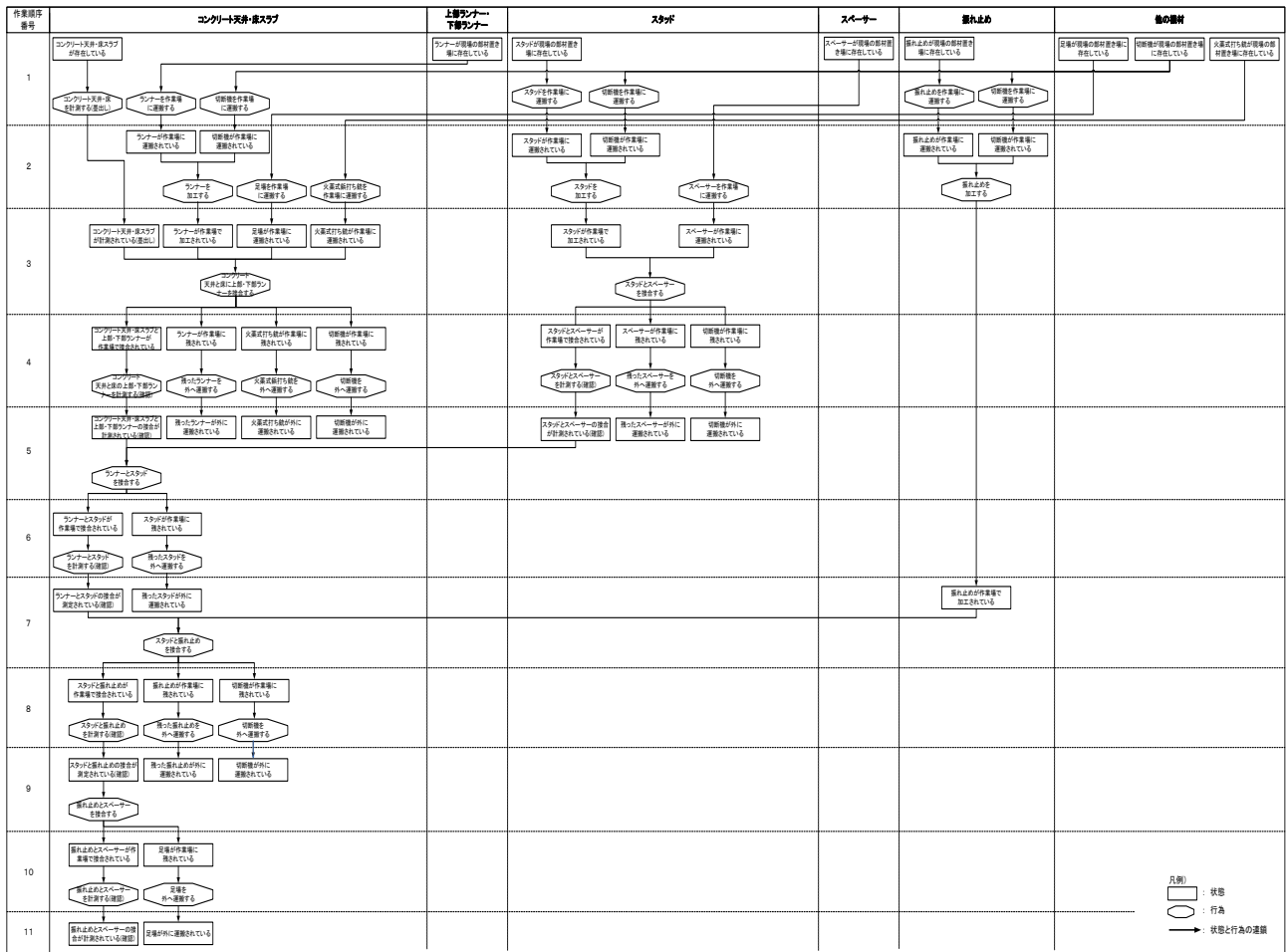


図. 4. 3. 5 「状態」と「行為」を用いた鋼製壁下地の作業プロセス(計画方法 1)

「状態」と「行為」を用いた  
鋼製壁下地作業の順序関係  
(一部抜粋)

「状態」と「行為」を用いた  
鋼製壁下地作業の並行化・協調化の検討  
(一部抜粋)

「状態」と「行為」を用いた  
鋼製壁下地の作業プロセス(計画方法1)  
(一部抜粋)

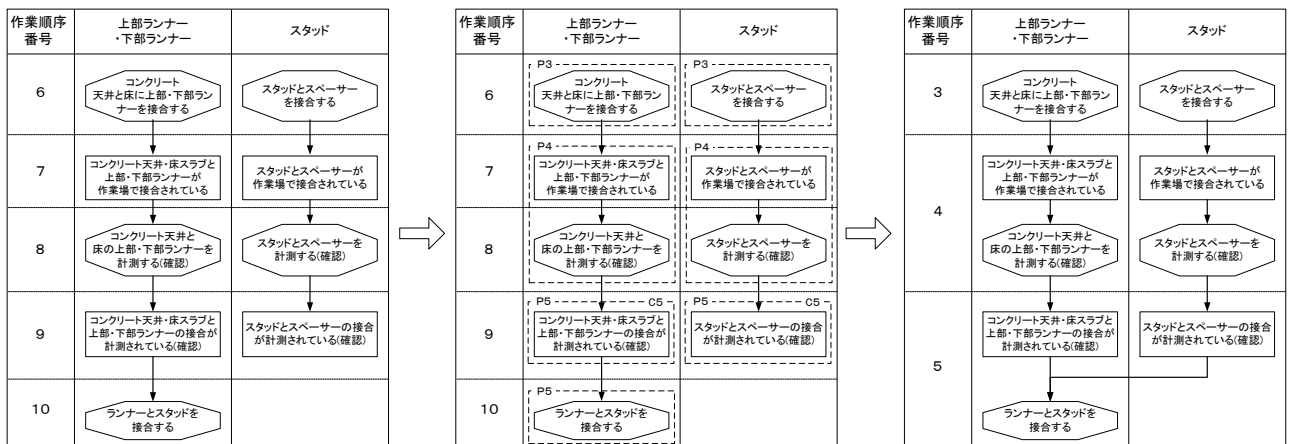


図. 4. 3. 6 計画方法 1 による鋼製壁下地の作業プロセス(一部抜粋)

B. 「行為」のみを用いた計画方法

「行為」のみを用いた計画方法は、「行為」のみの連鎖による作業プロセスの計画を行う方法である。計画を開始する前に、作業順序を計画する(図 4. 3. 7)。その後、作業の並行化・協調化の検討を行い(図. 4. 3. 8)、最終的に図. 4. 3. 9 のように、鋼製壁下地における作業プロセスが完成できる。



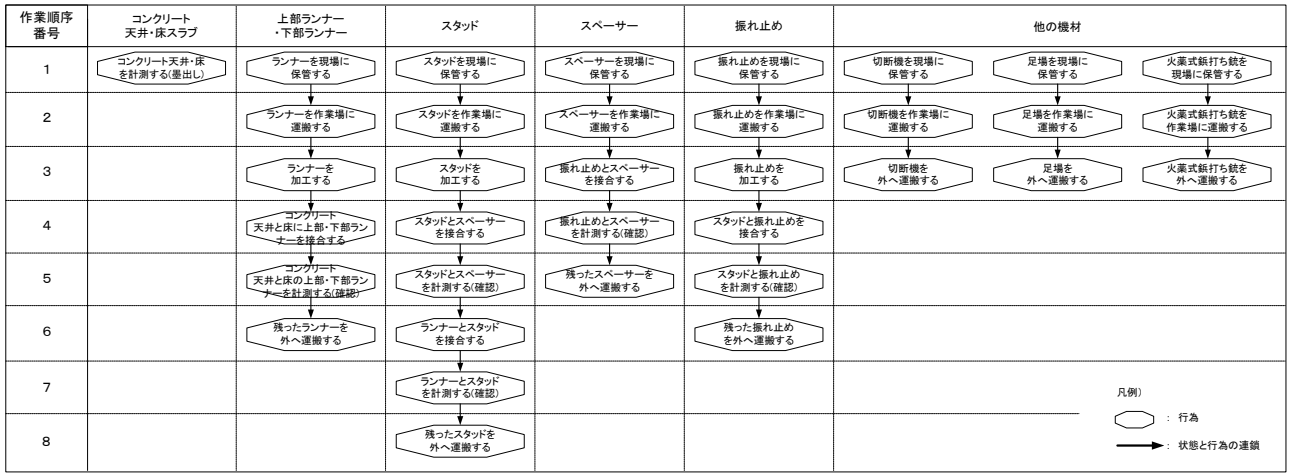


図. 4. 3. 7 「行為」のみを用いた鋼製壁下地作業の順序関係

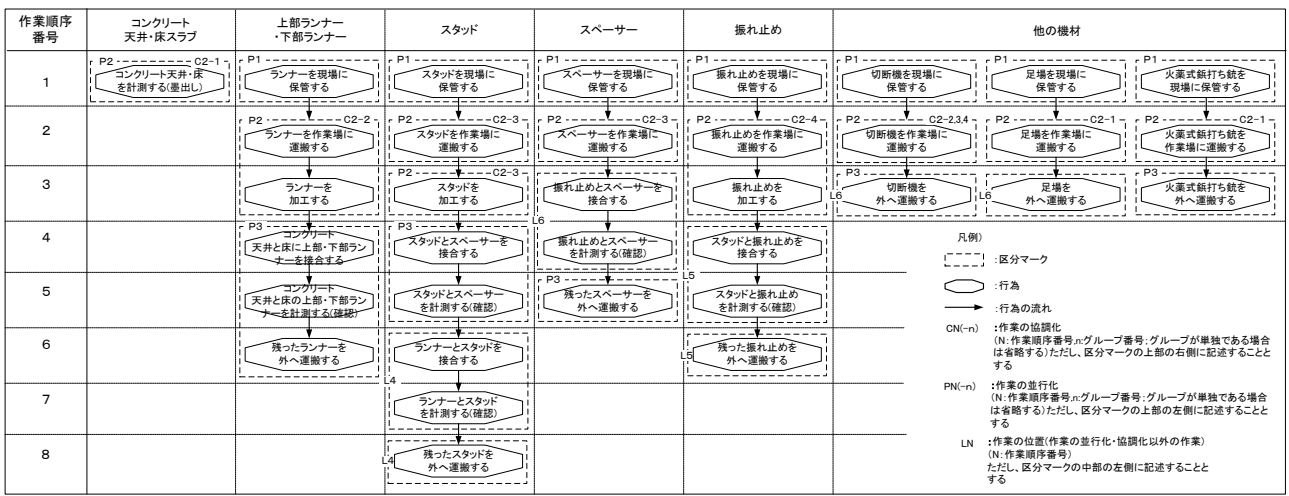


図. 4. 3. 8 「行為」のみを用いた鋼製壁下地作業の並行化・協調化の検討

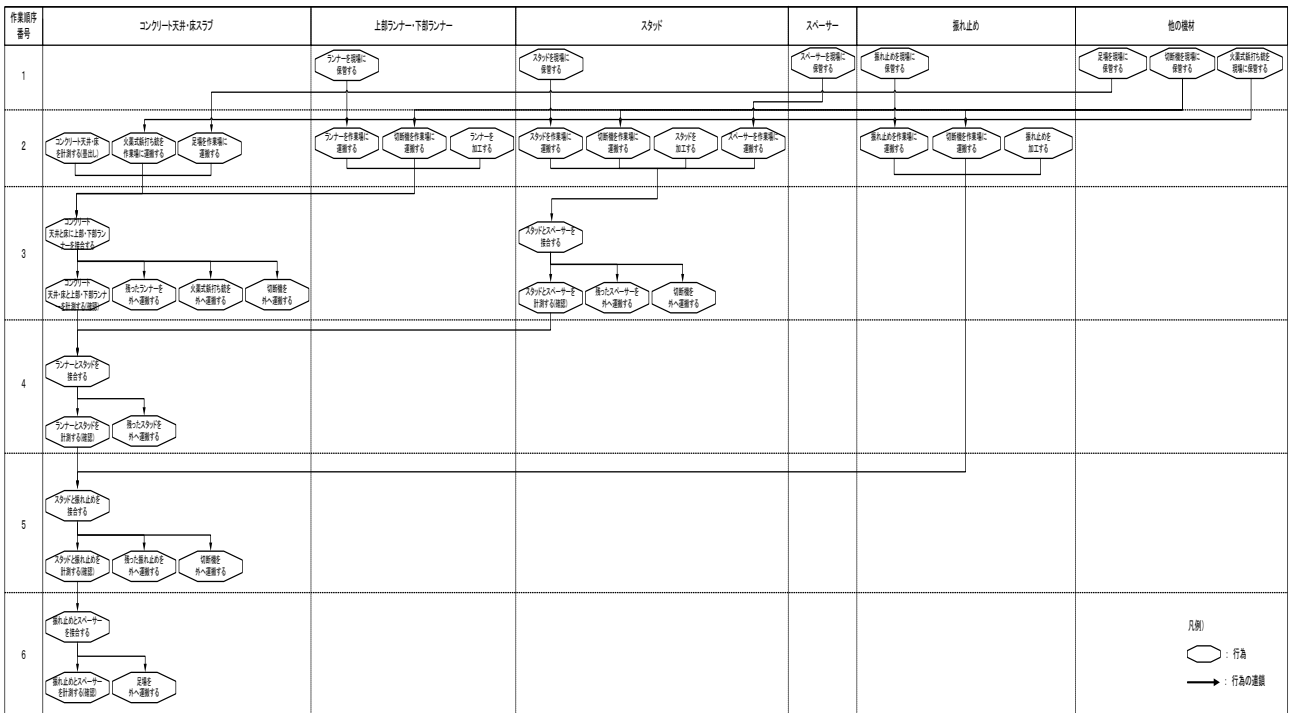
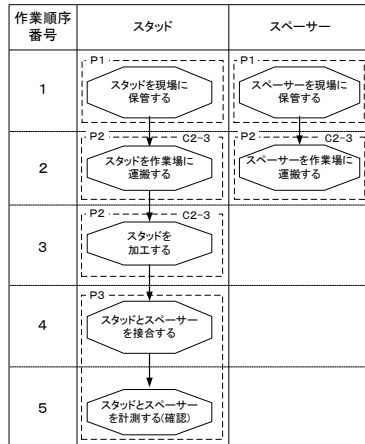


図. 4. 3. 9 「行為」のみを用いた鋼製壁下地の作業プロセス

「行為」を用いた  
鋼製壁下地作業の順序関係  
(一部抜粋)



「行為」を用いた  
鋼製壁下地作業の並行化・協調化の検討  
(一部抜粋)



「行為」を用いた  
鋼製壁下地の作業プロセス(計画方法2)  
(一部抜粋)

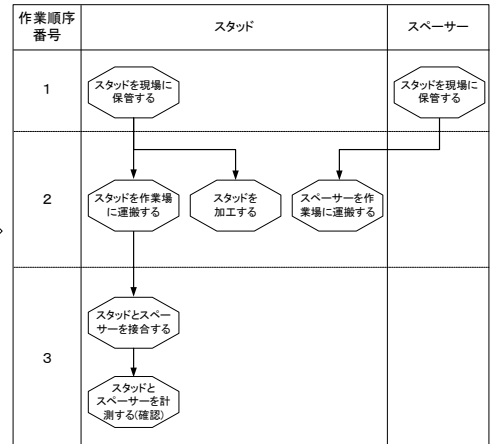


図. 4. 3. 10 「行為」のみを用いた計画方法による鋼製壁下地の作業プロセス(一部抜粋)

C. 「状態」のみを用いた計画方法

「状態」のみを用いた計画方法は、「状態」のみの連鎖による作業プロセスの計画を行う方法である。計画を開始する前に、作業順序を計画する(図 4. 3. 11)。その後、作業の並行化・協調化の検討を行い(図. 4. 3. 12)、最終的に図. 4. 3. 13のように、鋼製壁下地における作業プロセスが完成できる。

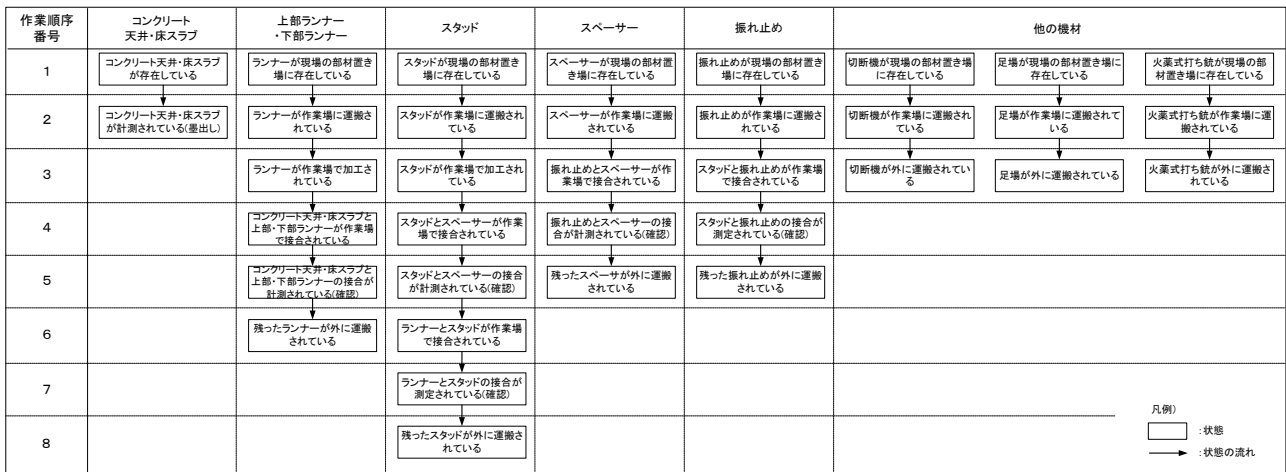


図. 4. 3. 11 「状態」のみを用いた鋼製壁下地作業の順序関係



図. 4. 3. 12 「状態」のみを用いた鋼製壁下地作業の並行化・協調化の検計

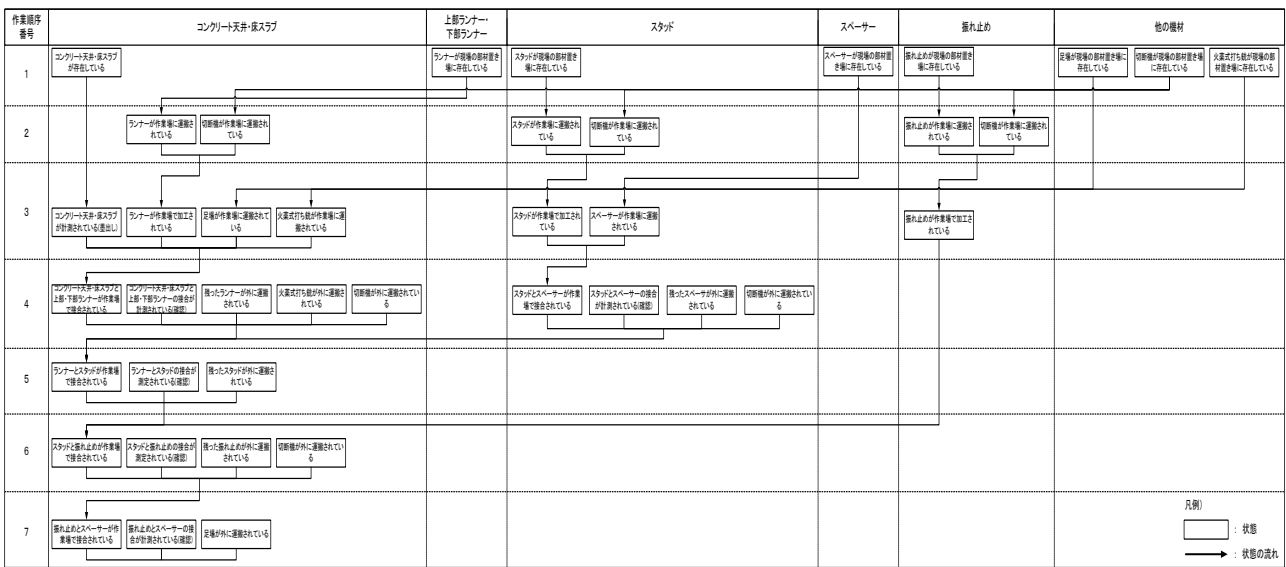


図. 4. 3. 13 「状態」のみを用いた鋼製壁下地の作業プロセス(計画方法3)

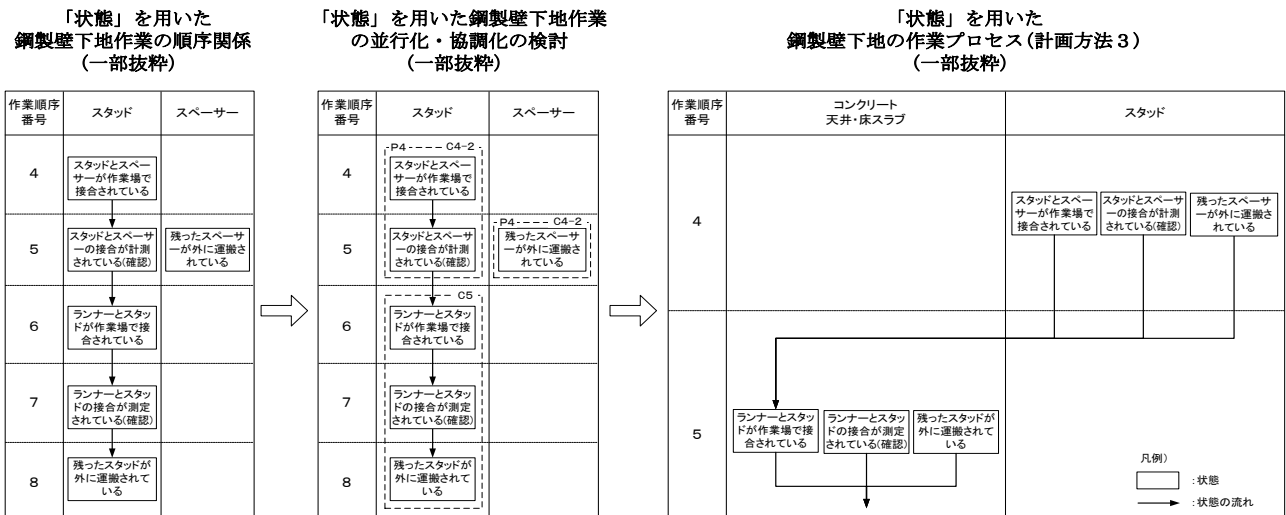


図. 4. 3. 14 「状態」のみを用いた計画方法による鋼製壁下地の作業プロセス(一部抜粋)

#### 4.3.3. 3種類の計画方法の比較

作業プロセスの計画に当たって鋼製壁下地作業における3種類の計画方法を適用し、それぞれの計画方法を分析および比較した(表.4.3.2)。比較した結果、表.4.2.1の作業プロセスの3種類の計画方法の比較で述べた特徴と一致しており、その特徴を活かして作業や現場を考慮しながら状況に合わせた作業プロセスを作成することが望ましい。

表.4.3.2 鋼製壁下地作業における3種類の計画方法の適用による比較

計画方法 の分類 特徴	「状態」と「行為」を用いた 計画方法	「行為」のみを用いた 計画方法	「状態」のみを用いた 計画方法
利点	1) 詳細な作業計画の作成に有効であった 2) 同時に、現場の各時点の進捗状況と順序関係の作成に役割を果たした	1) 短時間で作業計画の作成に有効であった 2) 鋼製壁下地作業の順序関係を明確にすることが出来た	1) 短時間で作業計画の作成に有効であった 2) 鋼製壁下地作業の現場の各時点の進捗状況を明確にすることが出来た

## 4.4 結言

### A. 建築工事における作業プロセスの捉え方

本研究では、建築工事における作業プロセスの計画のため、「状態」と「行為」という概念を取り入れた。(図. 4. 1. 1 参照)

また、「状態」と「行為」をワークパッケージの形式として表現した。(図. 4. 1. 2 参照) さらに、「状態」に関する動詞の記述形式をまとめた。(表. 4. 1. 1～表. 4. 1. 28 参照) なお、「状態」と「行為」の動詞の連鎖の方法により、作業に関する表現を明確に示した。(図. 4. 1. 7 参照)

### B. 作業プロセスの計画

作業プロセスを作成するために、作業プロセスの作成のフォームを示した。(図. 4. 2. 1 参照)そして、作業プロセスの計画のための計画方法として3種類の計画方法を示した。(図. 4. 2. 2～図. 4. 2. 5 参照)

「状態」と「行為」で構成されているワークパッケージを、鋼製天井下地作業を事例として7つの行為(移動・運搬・保管・計測・加工・接合・解体)の内、解体を除いて作成を行った。(図. 4. 2. 6～図. 4. 2. 18 参照) さらに、ワークパッケージの連鎖方法を示した。(図. 4. 2. 19～図. 4. 2. 20 参照)

作業プロセスの計画におけるミクロ的な作成方法とマクロ的な作成方法を示し(図. 4. 2. 23～図. 4. 2. 25 参照)、鋼製天井下地作業の内、インサートと吊りボルトのミクロ的な作業プロセス図

(図. 4. 2. 22 参照)とマクロ的な作業プロセス図(図. 4. 2. 26 参照)の作成ができることを示し、作業の順序関係の表現の自由度を高めた。

また、作業間の連鎖の作成を行うために、作業プロセス図の記述形式(表. 4. 2. 3 参照)を示し、作業の並行化と協調化の検討(図. 4. 2. 30 参照)により、作業の順序関係の最適化を図り、作業プロセスの計画のための3種類の計画方法により、作業における作業の順序関係や進捗状況を明確にする作業プロセスの計画方法を示した。

### C. 鋼製壁下地作業における適用

本研究では、作業プロセスの計画の事例として鋼製壁下地作業を事例とし、作業プロセスの計画のための3種類の計画方法を鋼製壁下地作業に適用し、それぞれの作成を行い(図. 4. 3. 3～図. 4. 3. 14 参照)、3種類の計画方法の適用の比較(表. 4. 3. 2 参照)を示した。

その結果、本研究で提案した作業プロセスの計画方法により、作業における状況の表現と作業の順序関係を明確にした。さらに、作業の並行化と協調化の検討によって作業の順序関係の最適化が可能となり、工事の検討のための効率的な作業プロセスの計画方法の有用性を示した。

(参照文献)

- 1) 嘉納成男、宮川哲也：工事計画における創造的計画手法の開発（その1）工法機能の展開と原理的知識の統合、日本建築学会建築生産シンポジウム、pp201-208、1999.7
- 2) 日本建築学会：建築工事における工程の計画と管理指針・同解説、日本建築学会、p21、2004.2
- 3) 大沢幸夫：施工プロセスチャット手法による工程計画に関する研究、早稲田大学学位論文、1998.03

## 第5章 結論

## 第5章 結論

### A. 建築工事における改善対象選定手法に関する研究（第2章）

#### ① 建築工事における改善対象選定（2章1節）

既往の改善対象選定の評価の基準は、コストの節減に重みを置くため、コストの縮減余地の幅という一面的な観点からの改善対象選定が多いのが現状であった。しかしながら、改善対象を選定する際には、改善対象を多面的な観点から検討し、現場の状況に合わせた改善対象を選定し、その対象の価値を向上させる必要性を示した。

また、建築工事における改善対象選定のための機能定義の方法に関してまとめた。（表. 2. 1. 2 参照）

なお、改善対象選定のための評価項目の数が多く得られた場合には評価項目間の評価点が類似する問題が生じることを指摘し、評価項目間の相関関係が強い場合については主成分分析を用いて評価することが適切であることを示した。

#### ② 主成分分析の分析方法（2章2節）

主成分分析を用いて評価を行うことによって類似した評価項目を成分として表わし、既往の改善対象選定手法でのコスト等の一面的な観点から改善対象の選定を、それぞれの成分を基に多面的な観点から評価ができ、それによって改善対象が選定できることを示した。（表. 2. 2. 1 参照）

また、総合得点と主成分得点の順位を比較を行い、その特徴をまとめた。（表. 2. 2. 4 参照）

なお、改善対象の選定のために、主成分分析を用いた成分毎の観点から多面的に改善対象の優先順位を決めることとした。本論文では、評価項目を3つの成分としてまとめた場合に、成分1つで改善対象を選定する分析1と、成分2つを考慮して改善対象を選定する分析2と、すべての成分を考慮して改善対象を選定する分析3としてその方法を示した。（図. 2. 2. 2～図. 2. 2. 4 参照）

#### ③ 小規模工事における適用（2章3節）

建築工事における改善対象選定の一つの手法として、主成分分析による改善対象選定手法の方法を提案した。そして、小規模工事の事例において改善対象選定のために、工事事例の全体の内訳を分析した。

評価を行うために、評価項目を20名の工事の技術者にアンケート調査を行った結果、評価項目として14項目が挙げられたが、その内、複数の人が回答していない4項目を除去し、10評価項目を基に評価を行うこととした。（表. 2. 3. 2 参照）さらに、10項目の評価項目の相関関係を分析した。（表. 2. 3. 4、図. 2. 3. 7 参照）

また、10項目の評価項目を主成分負荷量により、3つの成分（工事の最適性、材料の適切性、作業の適切性）としてまとめた。（表. 2. 3. 6～表. 2. 3. 7、図. 2. 3. 9 参照）そして、各工事に対する主成分得点を示した。（表. 2. 3. 8 参照）

なお、総合得点と主成分得点による改善対象の比較を行い、表としてまとめた。（表. 2. 3. 9～表. 2. 3. 11



参照)

さらに、分析方法による順位関係を比較し、表としてまとめた。(表. 2. 3. 12 参照) そして、主成分分析によって改善対象選定を行った結果と実際の工事において検討を行った改善対象選定の結果とほぼ同等であることを述べ、本手法の有用性を示した。

## B. 建築工事における作業に関する研究 (第 3 章)

### ① 建築工事における行為 (3 章 1 節)

建築工事における行為を「移動」、「運搬」、「保管」、「計測」、「加工」、「接合」、「解体」として 7 つに分類し、各行為の定義とその方法を示し、(図. 3. 1. 2～図. 3. 1. 82 参照) 行為の方法を体系化した。そして、作業に対する行為と行為の方法の関係図を示し(図. 3. 1. 83 参照)、詳細な表現ができること示した。

### ② 行為の連鎖と部材間の接合の順序関係の分析 (3 章 2 節)

建築工事における 7 つの行為を連鎖させるために、まず、接合行為の連鎖から他の行為との連鎖に広げる連鎖の手順を示した。(図. 3. 2. 3～図. 3. 2. 6 参照)

また、接合作業の手順を図として表現するために、部材間の接合の関係について部材間を順次接合する関係と、部材間、別々に接合し、接合された部材同士接合する関係として 2 つの接合の関係を示した。(図. 3. 2. 9～図. 3. 2. 12 参照)

なお、行為の連鎖を行うためには、部材間の接合の優先順位をきめる必要があり、優先順位を決める方法として本研究では AHP 手法を用いることとし、部材間の接合の方法 (図. 3. 2. 20～図. 3. 2. 23 参照) と石膏ボードを用いた壁仕上げ作業における順序関係を示すことができた。(図. 3. 2. 29 参照)

### ③ 鋼製天井下地・壁下地作業における適用 (3 章 3 節)

部材間の接合の優先順位を決めるために、AHP 手法を用いて評価を行い、鋼製天井下地作業の事例により、部材間の接合の優先順位を選定した。まず、鋼製天井下地の部材の機能分析を行い(表. 3. 3. 1 参照)、鋼製天井下地の部材間の接合関係図を作成した。(図. 3. 3. 2 参照)

また、なお、鋼製天井下地作業におけるマクロ的な接合行為の優先順位を選定により、順序関係を示すことができた。(図. 3. 3. 6 参照)

次に、鋼製壁下地作業におけるミクロ的な接合行為の選定を、接合行為の方法を用いて優先順位を選定により、部材間の接合方法の選定ができることを示した。(図. 3. 3. 10 参照)

## C. 建築工事における作業プロセスの計画に関する研究 (第 4 章)

### ① 建築工事における作業プロセスの捉え方 (4 章 1 節)

本研究では、作業プロセスの方法を「状態」と「行為」として捉え、状態と行為の関係を示した。

(図. 4. 1. 1 参照)

また、状態と行為を用いて作業を表現し、作業として連鎖させるためにワークパッケージの概念を取り入れ、その形式を示した。(図. 4. 1. 2 参照) さらに、ワークパッケージの記述形式を定型化した。

(表. 4. 1. 1～表. 4. 1. 27 参照)

そして、状態と行為の動詞の連鎖方法を示した。(図. 4. 1. 3～図. 4. 1. 7 参照)

## ②作業プロセスの計画 (4章2節)

作業プロセスの3種類の計画方法の特徴を示した。(表. 4. 2. 1) そして、それぞれの計画方法についてその計画方法を示した。(図. 4. 2. 3～図. 4. 2. 8 参照)

また、本論文ではワークパッケージを、行為から生まれる状態と行為の関係を場面ごとの1つのワークパッケージとして表現した。(図. 4. 2. 9) そして、ワークパッケージ間の連鎖を示した。(図. 4. 2. 10～図. 4. 2. 11 参照) さらに、ワークパッケージを用いた作業プロセスを構築し(図. 4. 2. 12 参照)、ミクロ的な表現からマクロ的な表現方法について示した。(図. 4. 2. 14～図. 4. 2. 16 参照)

作業プロセスを計画するためには、作業の分析が必要であり、鋼製床下地の部材の機能分析(表. 4. 2. 3 参照)と接合関係(図. 4. 2. 20 参照)を示した。さらに、作業の並行化・協調化の検討に関して述べ(図. 4. 2. 21 参照)、その記述様式(表. 4. 2. 4 参照)を示した。

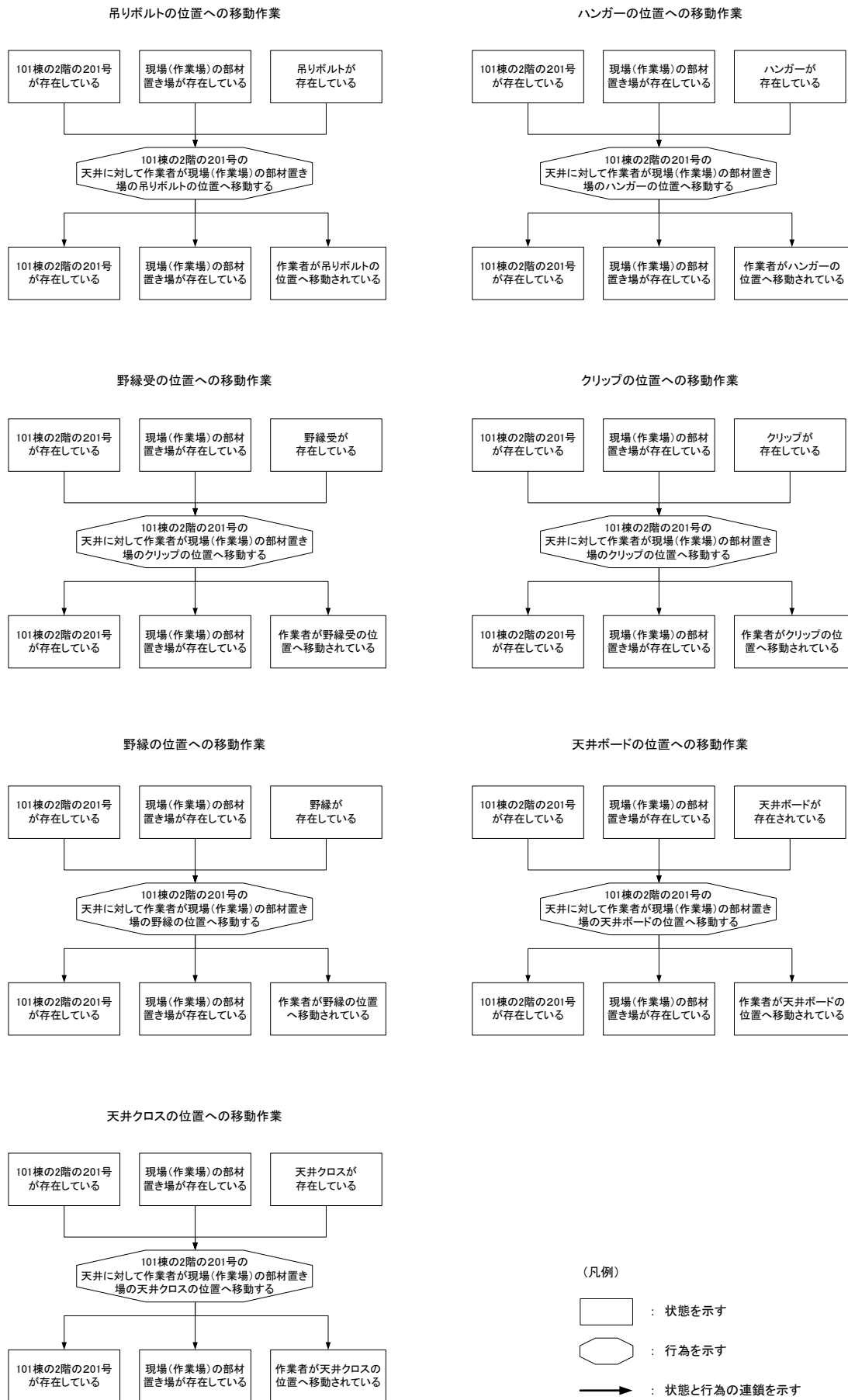
## ③鋼製壁下地作業における適用 (4章3節)

鋼製壁下地の作業における作業プロセスを計画するために、まず、鋼製壁下地の各部材の機能分析を行い(表. 4. 3. 1 参照)、鋼製壁下地の部材の接合関係の明確化した。(図. 4. 3. 2 参照)

そして、3種類の計画方法を用いてそれぞれの作業プロセスを計画し(図. 4. 3. 3～図. 4. 3. 11 参照)、事例において工事の検討のために必要な作業プロセスの計画方法の有効性を示した。

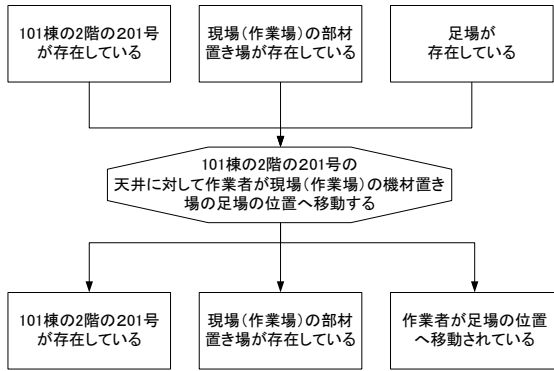
さらに、鋼製壁下地作業において作業プロセスの3種類の計画方法の適用による比較を行い(表. 4. 3. 2 参照)、作業プロセスの計画方法の特徴と一致することを示し、建築工事の状況によって対応できる作業プロセスの作成ができることを明らかにした。

付章

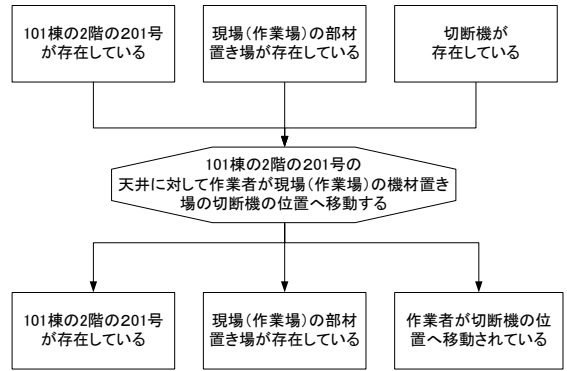


付図. 1 天井工事の鋼製天井下地作業の部材への移動作業のワークパッケージ 1

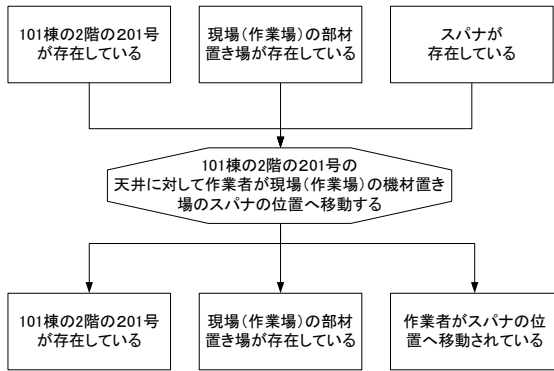
足場の位置への移動作業



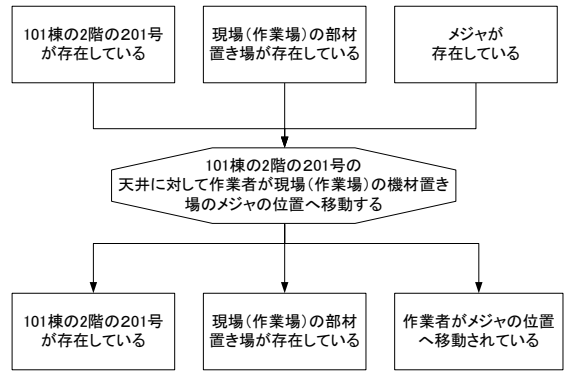
切断機の位置への移動作業



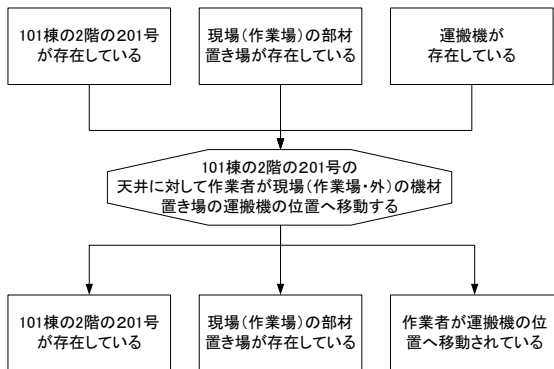
スパナの位置への移動作業



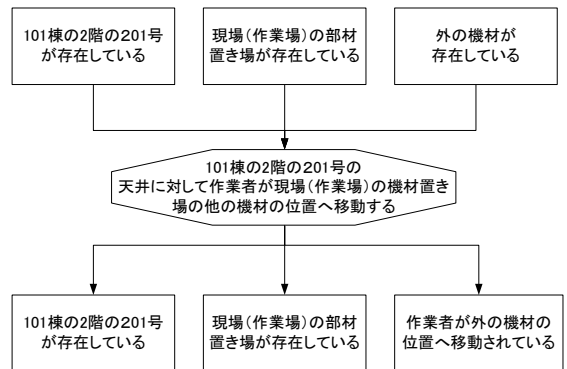
メジャの位への移動作業



運搬機の位置への移動作業



外の機材の位置への移動作業



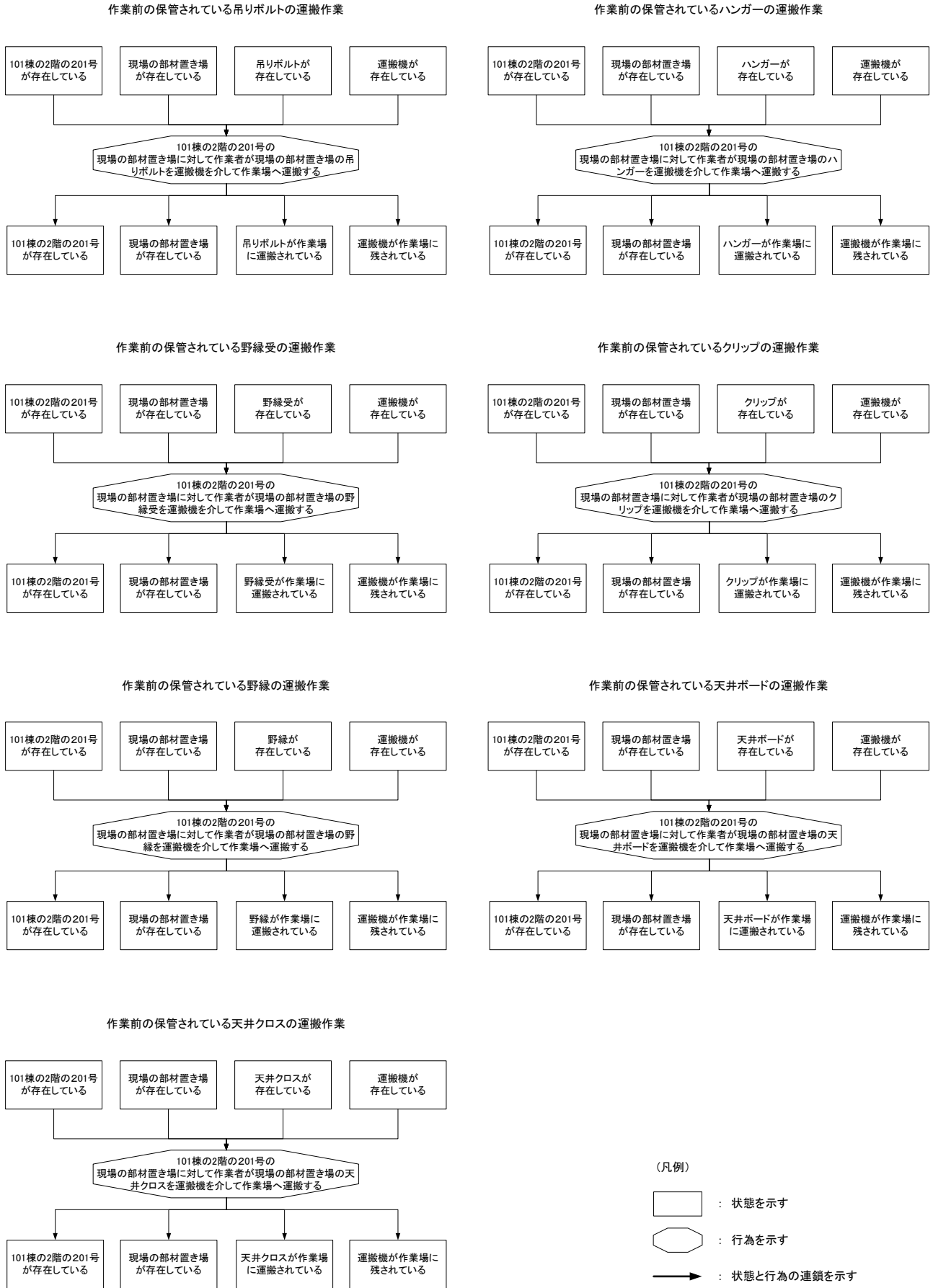
(凡例)

□ : 状態を示す

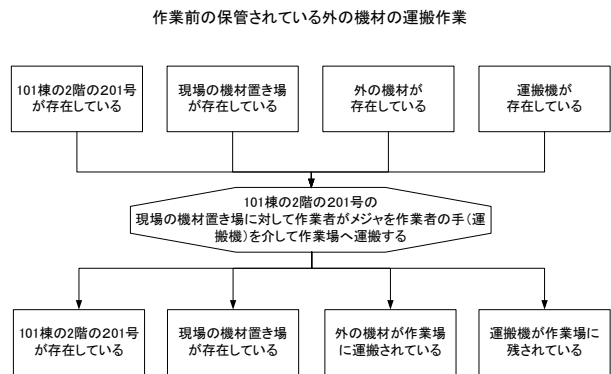
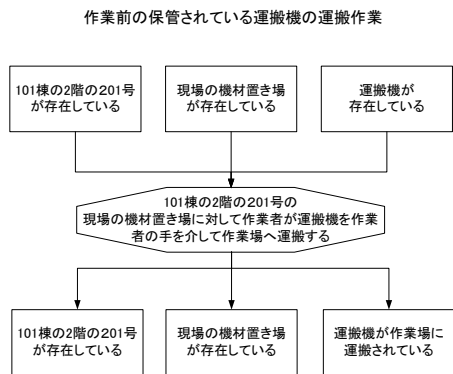
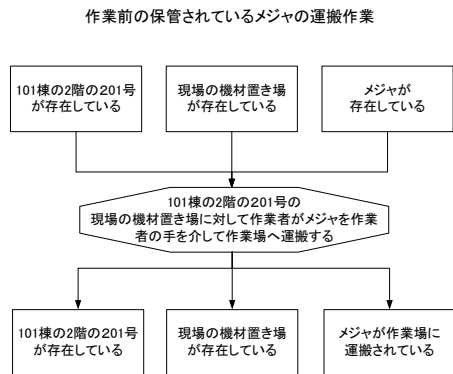
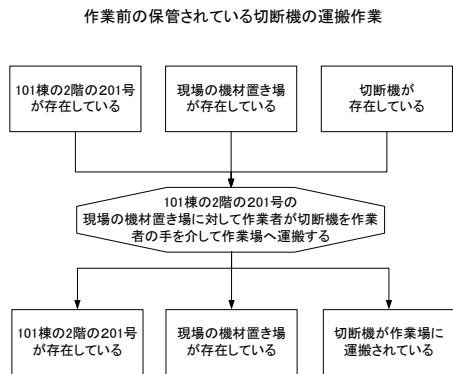
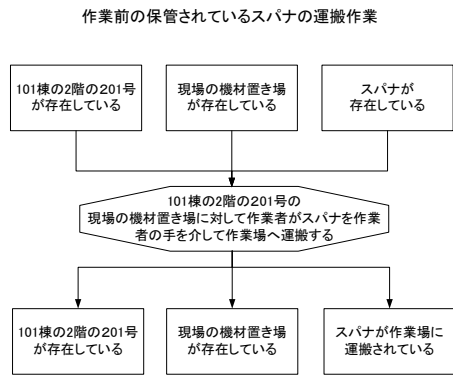
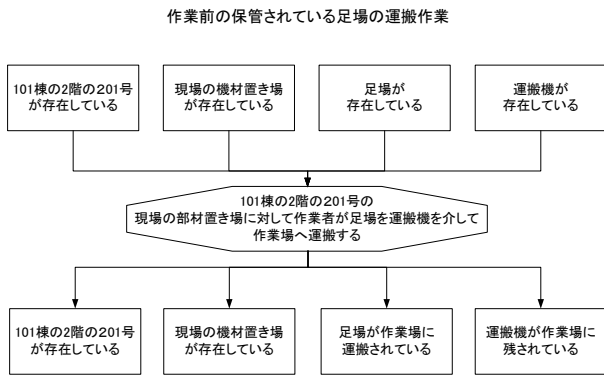
◇ : 行為を示す

→ : 状態と行為の連鎖を示す

付図.2 天井工事の鋼製天井下地作業の機材への移動作業のワークパッケージ2



付図. 3 天井工事の鋼製天井下地作業の作業前の部材運搬のワークパッケージ 1



(凡例)

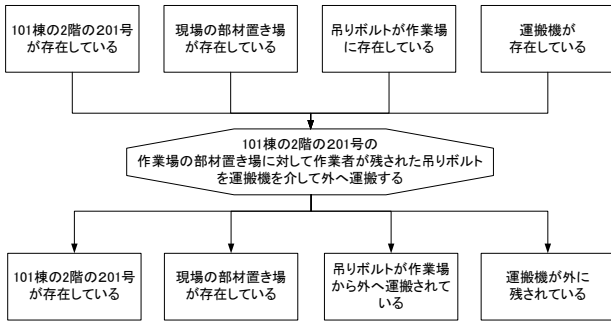
□ : 状態を示す

◇ : 行為を示す

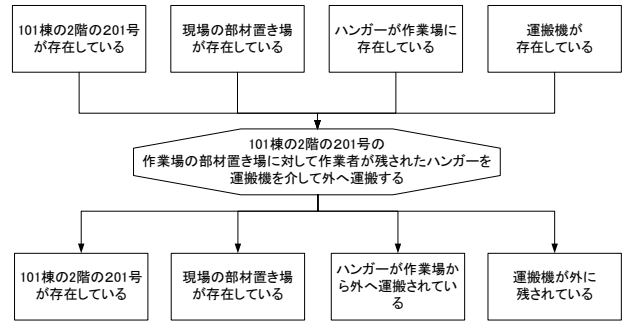
→ : 状態と行為の連鎖を示す

付図. 4 天井工事の鋼製天井下地作業の作業前の機材運搬のワークパッケージ 2

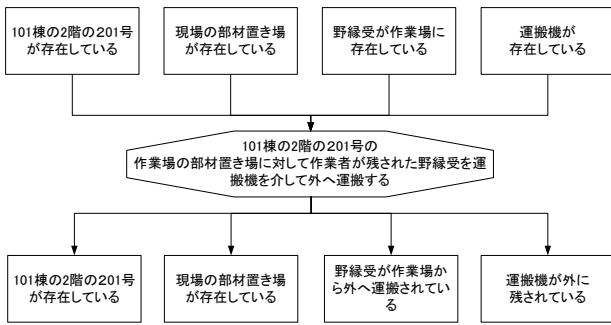
作業後の作業場に残された吊りボルトの運搬作業



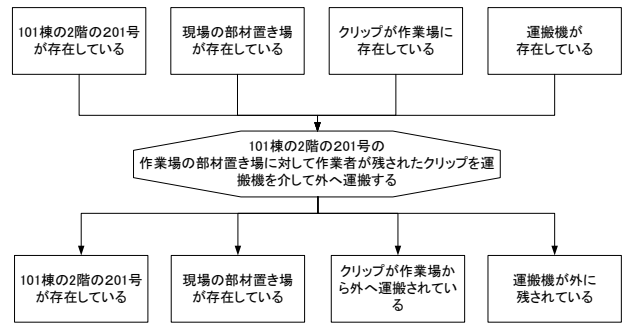
作業後の作業場に残されたハンガーの運搬作業



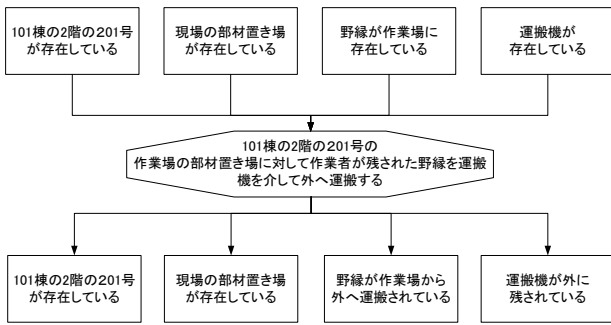
作業後の作業場に残された野縁受の運搬作業



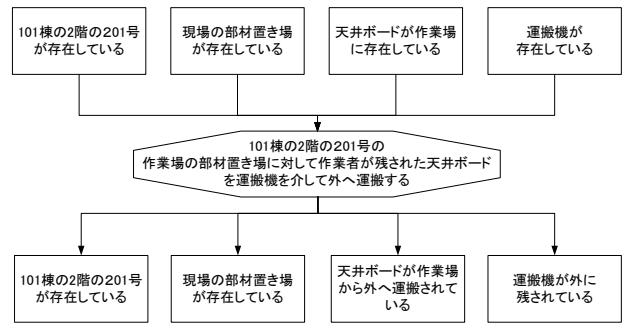
作業後の作業場に残されたクリップの運搬作業



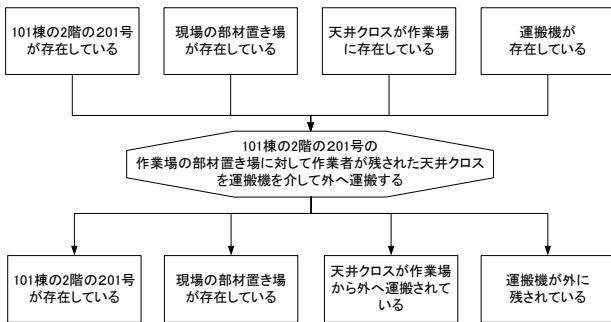
作業後の作業場に残された野縁の運搬作業



作業後の作業場に残された天井ボードの運搬作業



作業後の作業場に残された天井クロスの運搬作業



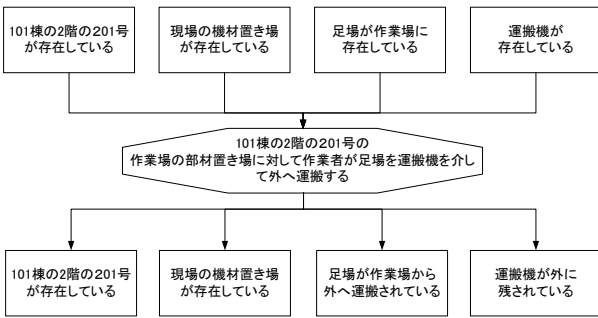
(凡例)

- : 状態を示す
- ◇ : 行為を示す
- : 状態と行為の連鎖を示す

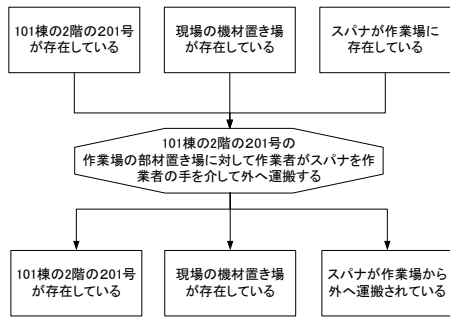
付図.5 天井工事の鋼製天井下地作業の作業後の部材運搬のワークパッケージ 3



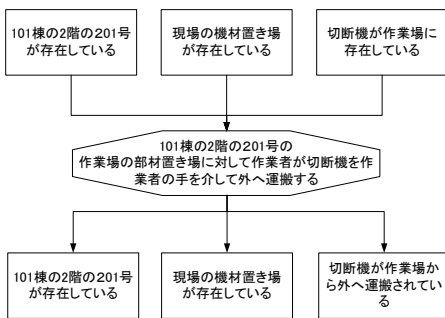
作業後の作業場に残される足場の運搬作業



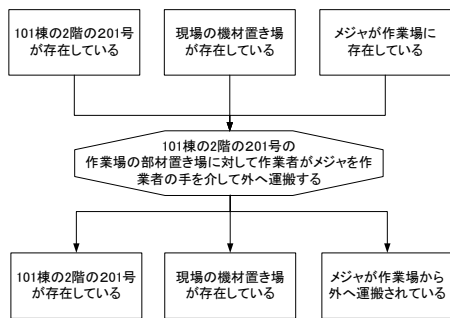
作業後の作業場に残されるスパナの運搬作業



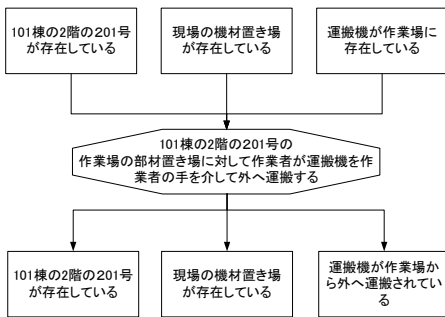
作業後の作業場に残される切断機の運搬作業



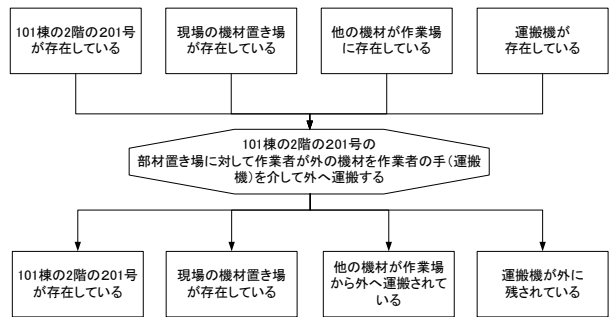
作業後の作業場に残されるメジャの運搬作業



作業後の作業場に残される運搬機の運搬作業



作業後の作業場に残される他の機材の運搬作業



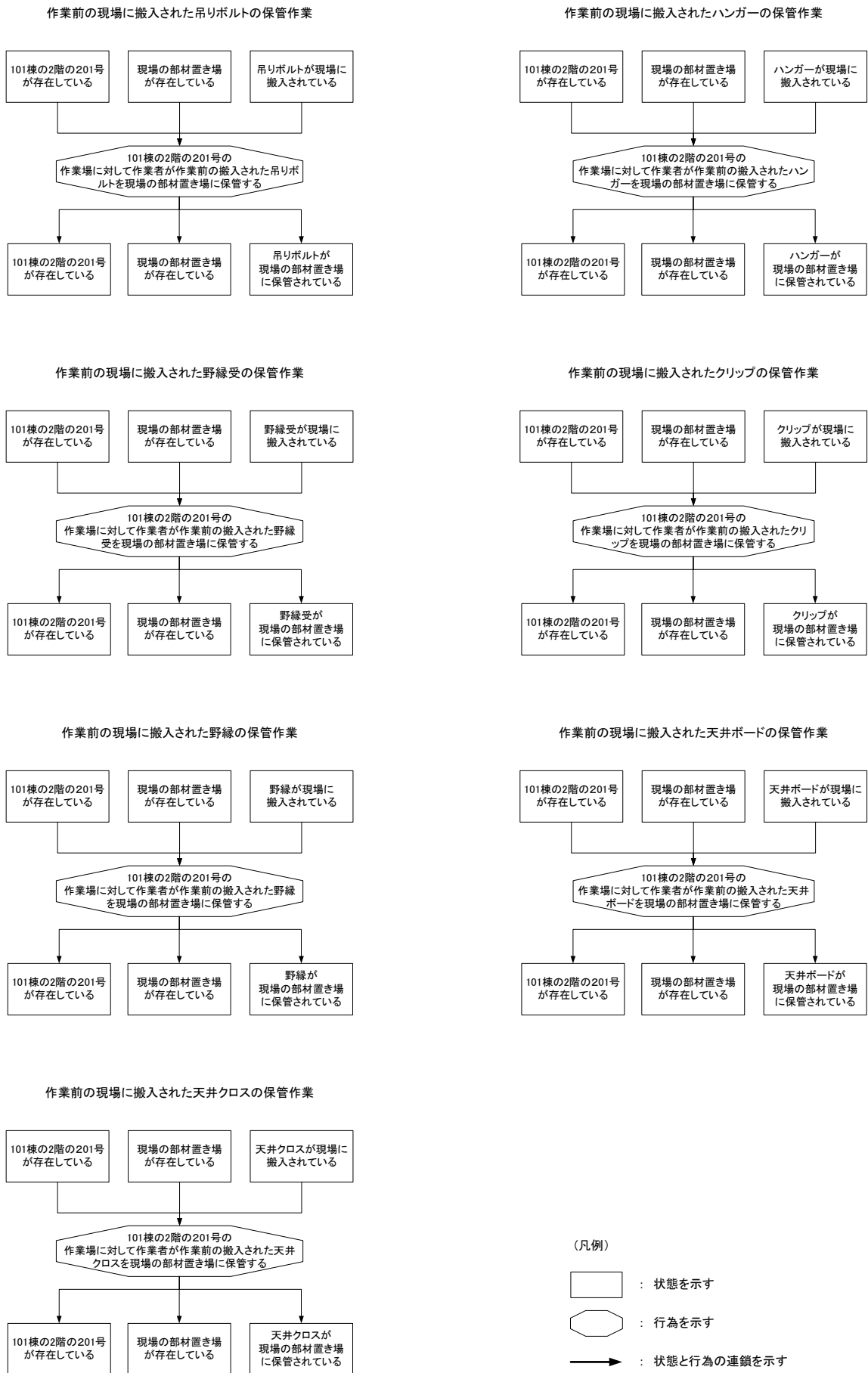
(凡例)

□ : 状態を示す

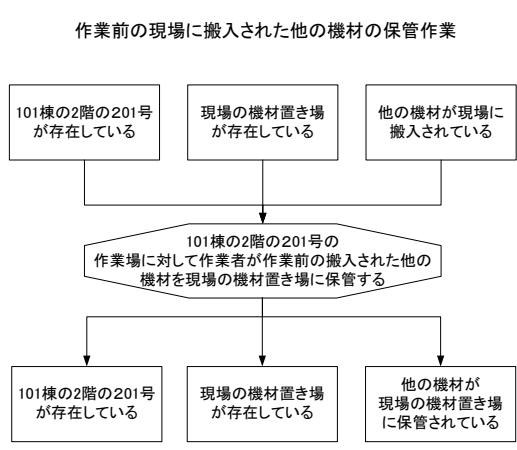
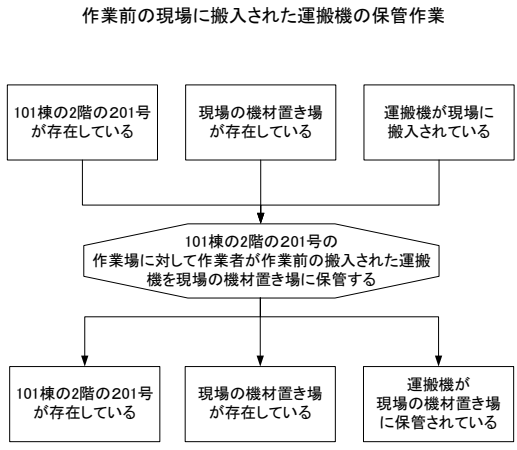
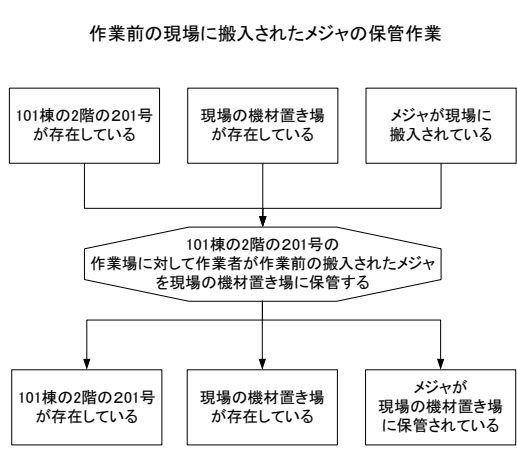
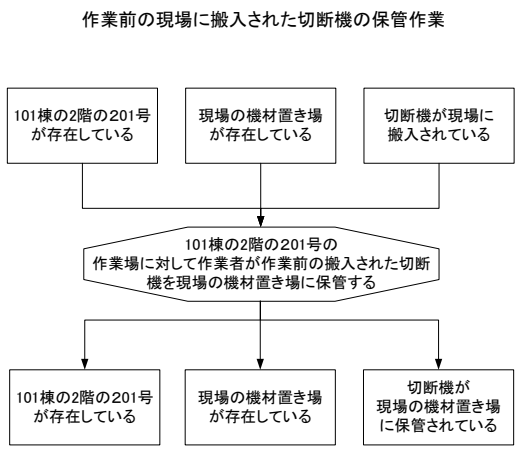
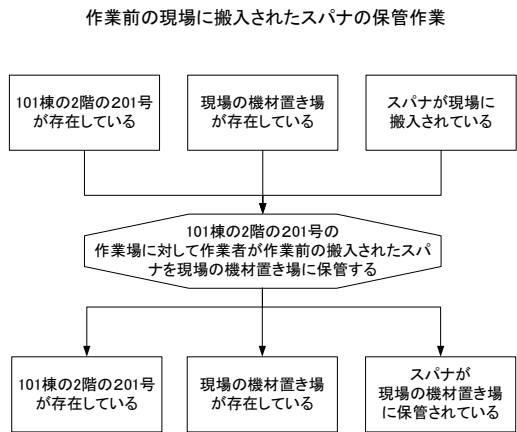
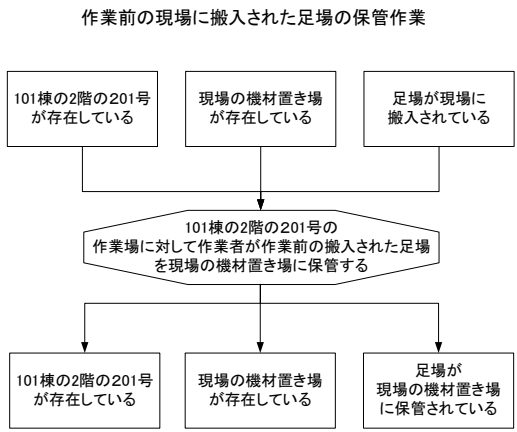
◇ : 行為を示す

→ : 状態と行為の連鎖を示す

付図.6 天井工事の鋼製天井下地作業の作業後の機材運搬のワークパッケージ4

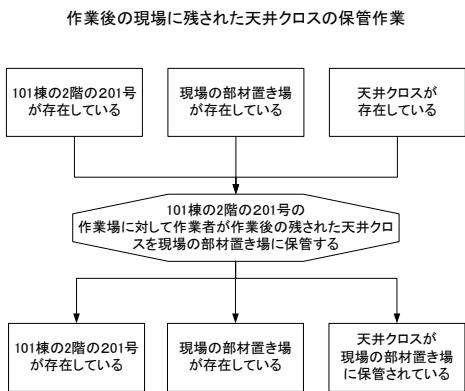
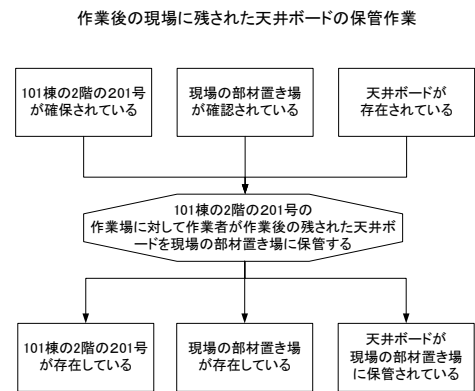
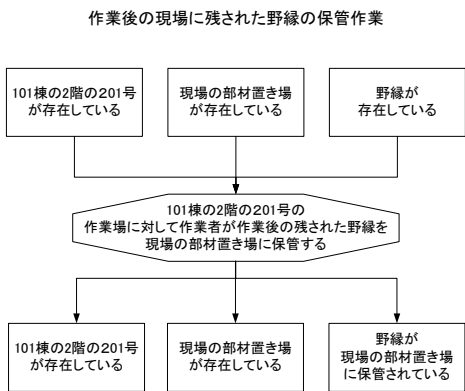
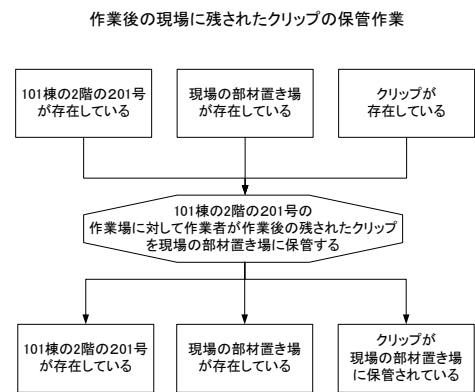
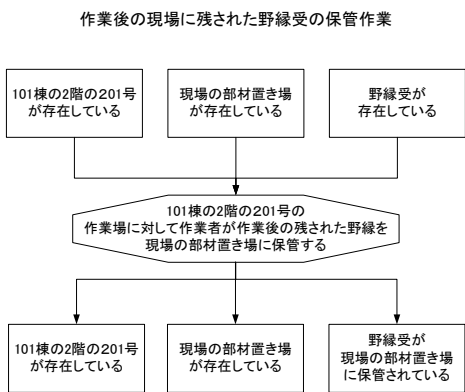
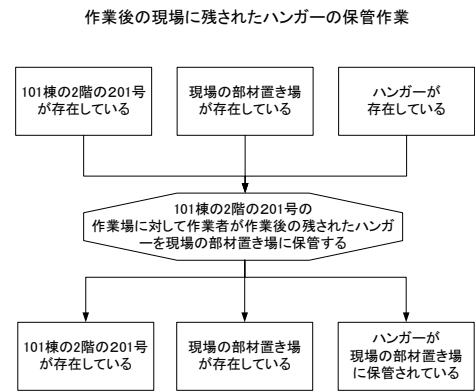
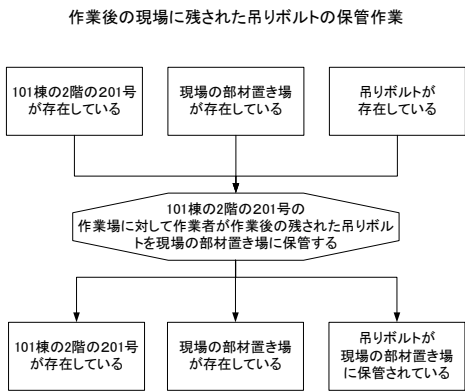


付図.7 天井工事の鋼製天井下地作業の作業前の部材保管のワークパッケージ 1



- (凡例)
- : 状態を示す
  - : 行為を示す
  - : 状態と行為の連鎖を示す

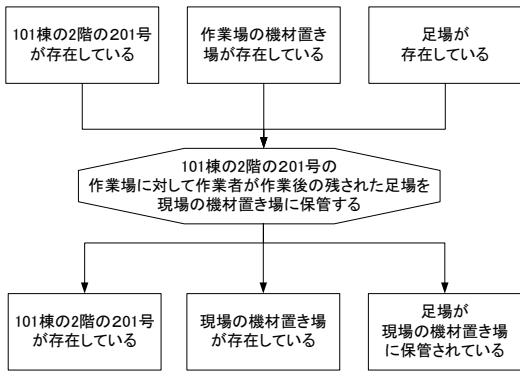
付図.8 天井工事の鋼製天井下地作業の作業前の機材保管のワークパッケージ2



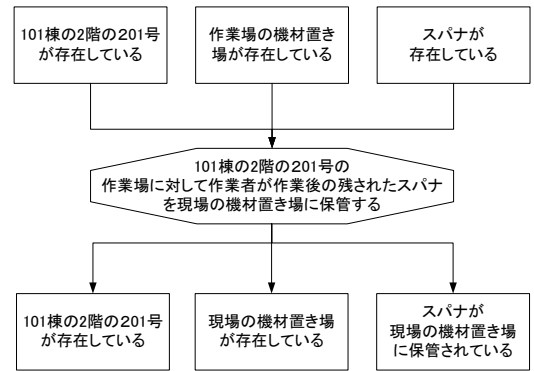
- (凡例)
- : 状態を示す
  - : 行為を示す
  - : 状態と行為の連鎖を示す

付図. 9 天井工事の鋼製天井下地作業の作業後の部材保管のワークパッケージ 3

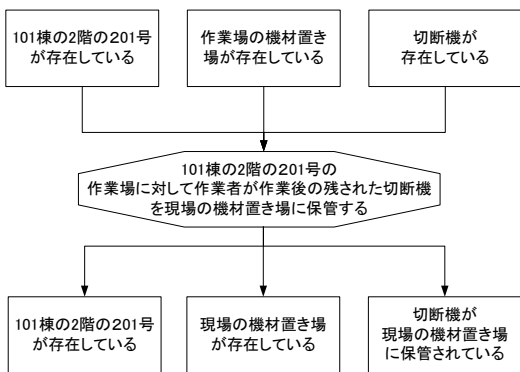
作業後の残された足場の保管作業



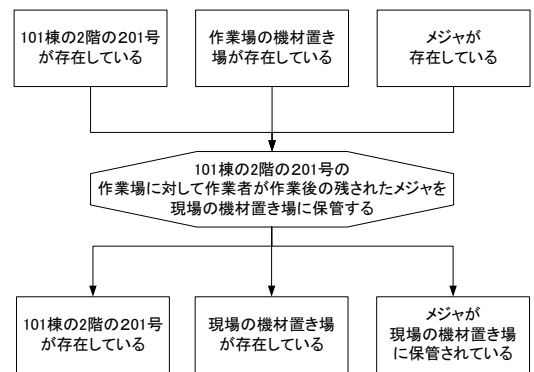
作業後の残されたスパナの保管作業



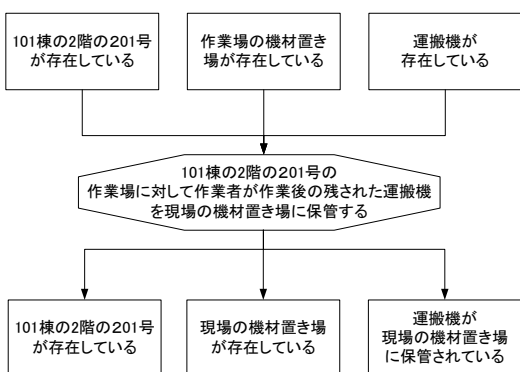
作業後の残された切断機の保管作業



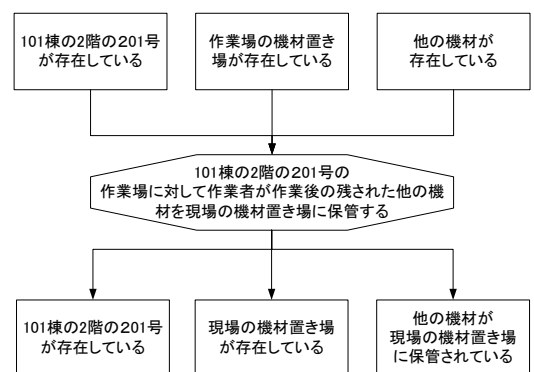
作業後の残されたメジャの保管作業



作業後の残された運搬機の保管作業



作業後の残された他の機材の保管作業



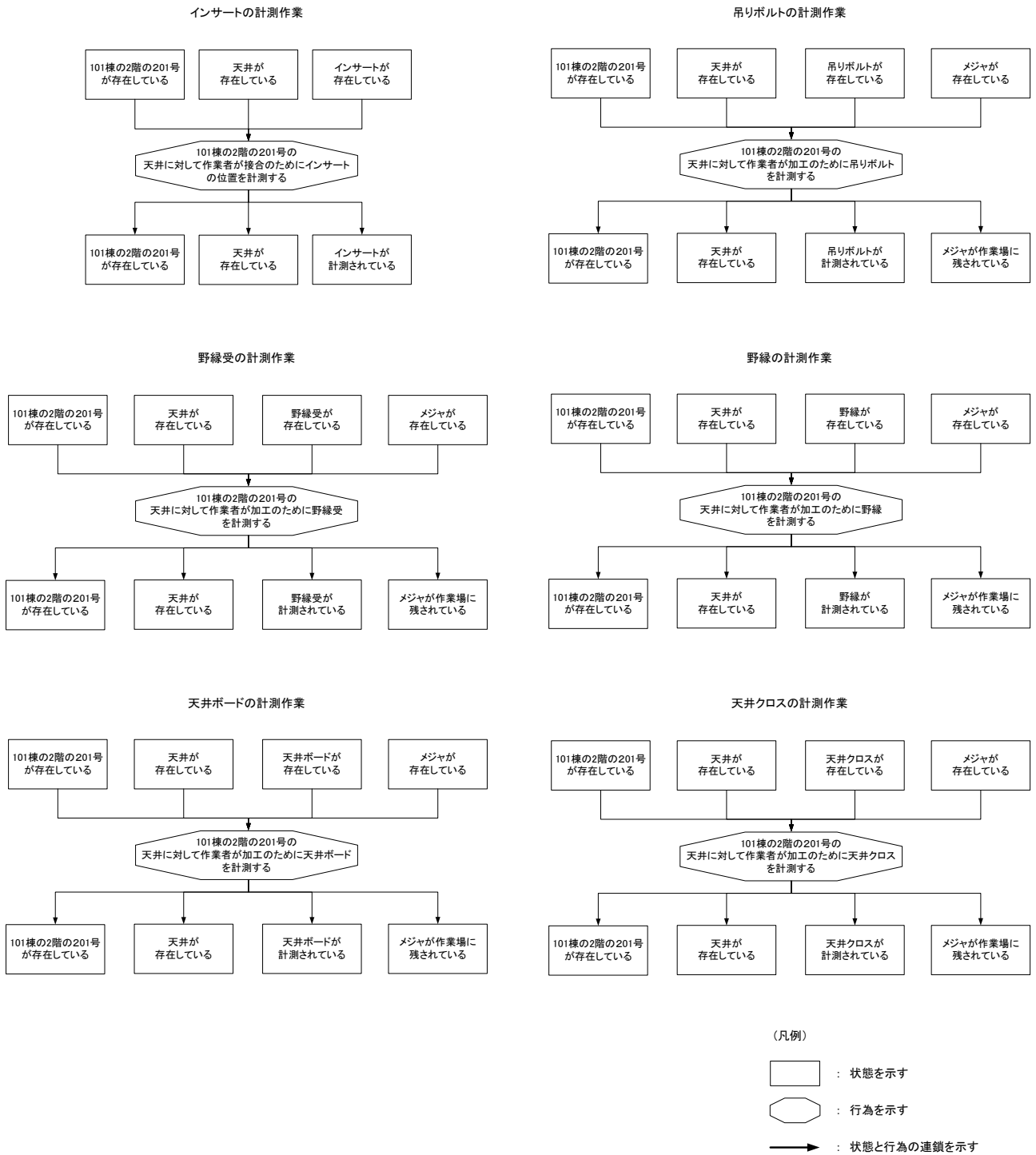
(凡例)

□ : 状態を示す

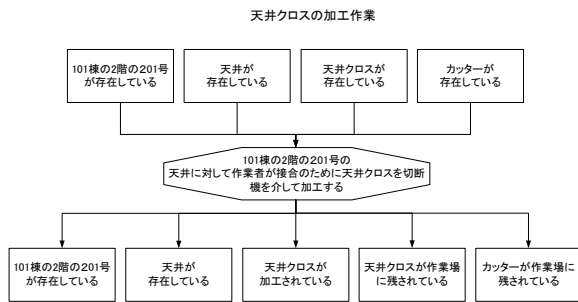
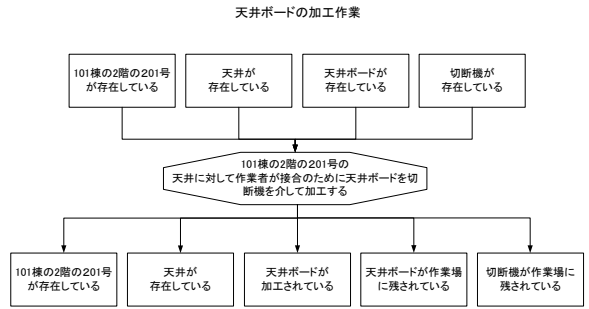
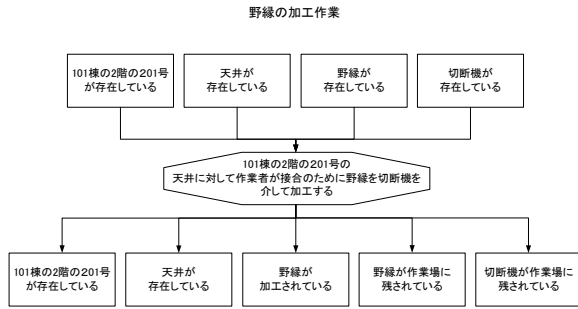
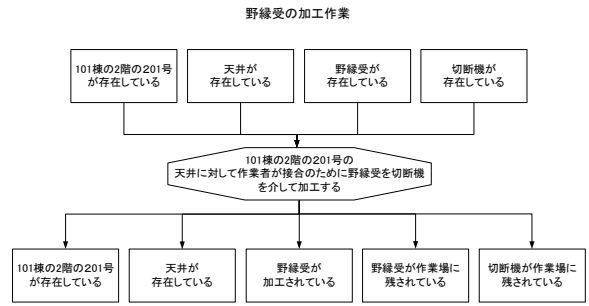
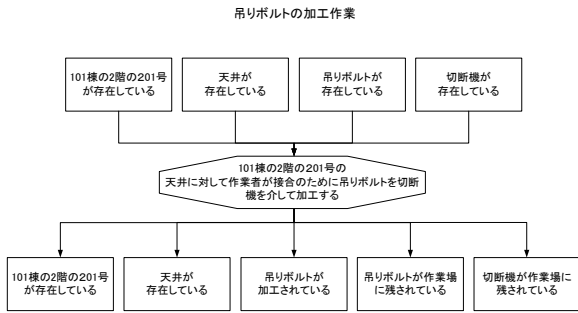
⬡ : 行為を示す

→ : 状態と行為の連鎖を示す

付図. 10 天井工事の鋼製天井下地作業の作業後の機材保管のワークパッケージ 4



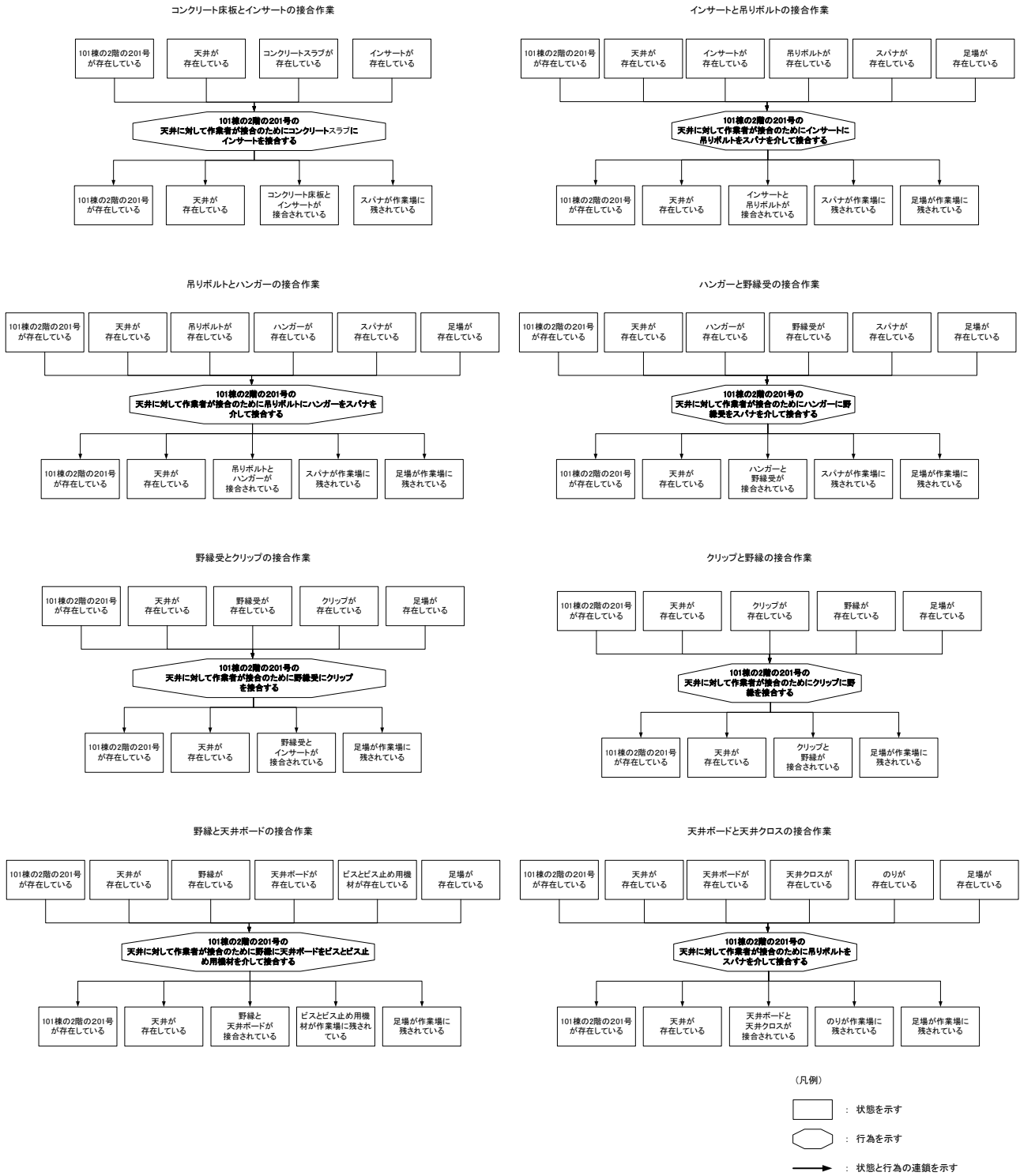
付図. 11 天井工事の鋼製天井下地作業の計測のワークパッケージ



(凡例)

- : 状態を示す
- : 行為を示す
- : 状態と行為の連鎖を示す

付図. 12 天井工事の鋼製天井下地作業の加工のワークパッケージ



付図. 13 天井工事の鋼製天井下地作業の接合のワークパッケージ



本研究に関する筆者の研究

## 研究業績

種類別	題名	発表・発行掲載誌名	発表・発行年月日	連名者
論文○	建築工事におけるVE対象選定手法に関する研究－主成分分析を用いたVE対象選定の方法－	日本建築学会計画系論文報告集	2012年4月	崔、嘉納
講演○	建築工事における「状態」と「行為」を用いた作業プロセスに関する研究－鋼製壁下地の工事における作業プロセスへの適用－	日本建築学会大会学術講演梗概集	2011年8月	崔、嘉納
講演○	建築工事における「状態」と「行為」を用いた作業プロセスに関する研究－鋼製壁下地の作業における作業の並行化・協調化の検討－	日本建築学会建築生産シンポジウム論文集	2011年7月	崔、嘉納
講演○	建築工事における作業プロセスに関する研究－鋼製壁下地の作業における「状態」と「行為」を用いた作業プロセスの構築－	日本建築学会関東支部研究報告集	2011年3月	崔、嘉納
講演	建築工事における作業計画の立案の方法論に関する研究－発明原理を用いた代替案の発想と状態と行為による作業プロセスの作成－	日本建築学会関東支部研究報告集	2011年3月	高橋、嘉納、 崔
講演○	建築における接合行為と接合の仕組みに関する研究	日本建築学会大会学術講演梗概集	2010年9月	崔、嘉納
講演○	天井を事例としたVE改善のプロセスに関する研究	日本建築学会関東支部研究報告集	2010年3月	崔、嘉納
講演○	全体工事に対するVEの対象選定手法に関する研究－主成分分析によるVE対象選定手法－	日本建築学会大会学術講演梗概集	2009年9月	崔、嘉納
講演○	建築工事におけるVE対象工事選定手法に関する研究－主成分分析によるVE対象選定手法の適用とその考察－	日本建築学会建築生産シンポジウム論文集	2009年7月	崔、嘉納

講演	実験計画法に基づいた代替案作成手法に関する研究－実験計画法による工法選択の最適化－	日本建築学会関東支部 研究報告集	2009年3月	高木、崔、 嘉納
講演	生産プロセス合理化のための方法論に関する研究	日本建築学会関東支部 研究報告集	2009年3月	蓮谷、嘉納、 崔
講演○	全体工事に対するVEの対象選定手法に関する研究－総合得点によるVE対象選定手法と主成分分析によるVE対象選定手法の比較－	日本建築学会関東支部 研究報告集	2009年3月	崔、嘉納
講演○	建築設計段階での発注者のニーズを反映したVEの対象選定手法に関する研究	日本建築学会関東支部 研究報告集	2008年3月	崔、鈴木、 嘉納

## 謝辞

本研究は、小生が早稲田大学博士後期課程において、建築学科の嘉納研究室で行った建築工事における作業プロセスの改善に関する研究を取り纏めたものである。本研究の完成に当たっては、厚意あるご指導と多大な御協力を頂いた方々に感謝の意を表したい。

恩師である早稲田大学嘉納成男教授には、本研究主題の設定から研究に対する姿勢、研究の進め方までの全般にわたり終始懇切な御指導を賜った。

同大学の小松幸夫教授、興石直幸教授、五十嵐健客員教授には、論文審査の労を煩わし、数々の貴重な御助言を頂いた。

小生の修士課程の恩師である国立釜慶大学校建設管理工学の金壽龍教授には、長年に渡って物心両面に暖かい御指導を頂いた。同大学の李榮大教授、イスヨン教授には大変お世話になった。

東義大学校建築工学科の李相範教授、サンジエンジニアリング建築士事務所の金政吉教授には様々な御助言を頂いた。

高神大学校精神健康医学科のキムホチャン教授には、小生の健康のための様々な形で大変お世話になった。

渡日前に勤務したサンジエンジニアリング建築士事務所の方々の声援と VE 関係の先輩方の皆様に深く感謝したい。

本研究を進める上で、嘉納研究室における諸先輩方、後輩の皆様にも御協力を頂いた。

最後に、小生が論文を纏めている長い間、多大の心配を掛けた両親と妻の家族、外祖母、叔母の家族、妹の家族、ソウルの家族、どんな時でも笑顔で迎えてくれた妻陳維娜、世界一可愛い息子崔允誠、崔諤進そして、逢いたい崔智愨にこの論文を捧げたい。

2013年2月

崔 彰訓