

- 10 性能設計体系を目指した合意形成用感性プロダクトモデル 構築に関する基礎的検討

Fundamental investigation on Kansei product model for consensus building aimed at performance based design system

保田敬一¹・白木 渡²・矢吹信喜³

Keiichi Yasuda, Wataru Shiraki and Nobuyoshi Yabuki

抄録：本研究では合意形成時に利用できる利用者の要求性能（感性）をプロダクトモデルとして構築した。これまで計画・設計・解析，CADなどで利用されてきた主に形状を表現するプロダクトモデルでは維持管理や合意形成時の利用者性能が不足していた。この感性プロダクトモデルの目的は，形状以外の利用者要求性能というデータを合意形成時に有効利用できるようにすることにある。その際，世界標準を目指す IFC を拡張して開発された IFC-BRIDGE に準拠した ifcXML による実装とすることで，より幅広いデータの相互利用が可能になる。構築した感性プロダクトデータの合意形成時の適用事例として，リニューアル時点の異なる関係者ごとの代替案作成を支援する出力ができることと，その出力の有効性や必要性の確認を行った。

Abstract: In this paper, we developed demand performance of the user who could use it at the time of the consensus building as product model. We lacked user performance at the time of maintenance and the consensus building in the product model that expressed the shape that had been used by a plan / a design / analysis, CAD till now. A purpose of this product model is to be able to make good use of data of user demand performance except shape at the time of the consensus building. On that occasion, we assume it implementation by ifcXML based on IFC-BRIDGE which we expand IFC aiming at global standards, and was developed. The mutual use of wider data is enabled. I show an application example at the time of the consensus building of the product data which we built. We confirmed it being possible for the output which helped substitute plan making every different person concerned of a renewal point in time and the effectiveness and necessity of the output.

キーワード：合意形成，景観性能，感性，プロダクトモデル，橋梁，IFC

Keywords : consensus building, performance based aesthetic design, Kansei, product model, bridge, IFC

1. はじめに

合意形成時に要求される性能は多岐多様で，千差万別である。要求性能は対象とする事業種別や，事業段階，構造物の種類，地域特性などによって異なるために，これまでは整理さえされてこなかった。したがって，多様な要求性能を満足する設計例を提示することは難しく，合意形成時に代替案を即時提示することはできなかつたのが現状である。現在，社会資本整備を住民参加型で進めることは全世界で行われている。日本では，河川法や自然再生法などで住民が事業に参加できる枠組は作られたが，プロセスを明確化していない，実務レベルでの手法論が不十分であるなどの問題点があり，具体的な取り組みはまだこれからという状況である。住民参加型の事業は増加傾向にあり，前述の問題点を緊急に解決することが望まれる。

一方，ライフサイクル情報の蓄積と運用および再利用法としてプロダクトモデルのニーズが高まっている。プロダクトモデル (Product Model) とは，JIS B3401 に定められる CAD 用語で「製品を製造するために必要な，形状，機能及びそのほかのデータによって，その製品をコンピュータ内部に表現したモデル」と定義されている。IFC-BRIDGE の取り組みなどに代表されるように，プロダクトモデルの基本は形状モデルということであり，計画，設計，解析，CAD，施工などにはよく利用される。しかし，維持管理や合意形成などの段階ではプロダクトモデルとは別の感性のようなデータが必要になる。そこで，合意形成でよく用いられる感性は製品を建造またはリニューアルするために必要な機能データとしてとらえることで，感性データはプロダクトモデルの機能情報として定義できる。この感性データはリニューアルや形状変更などの長期のラ

1：正会員 工博 株式会社ニュージェック 東京本社 道路グループ

(〒135-0007 東京都江東区新大橋 1-12-13, Tel.03-5625-1796, E-mail: yasudakc@newjcc.co.jp)

2：正会員 工博 香川大学 工学部信頼性情報システム工学科 教授 (〒761-0396 高松市林町 2217-20)

3：正会員 Ph.D. 室蘭工業大学 工学部建設システム工学科 准教授 (〒050-8585 室蘭市水元町 27 番 1 号)

ライフサイクル期間で発生する幾多の維持管理あるいはリニューアルの中で使用する情報としても利用できるし、その応用範囲は広い。このように、人々の要求性能は時代とともに変化し、多様化していくが、要求性能のプロダクトモデルはまだ存在しない。

本研究では、合意形成や維持管理などで利用できる感性に関する要求性能を感性プロダクトモデルとして構築することを試みる。その際、国際標準を目指す IFC を拡張することにより開発された、橋梁全般を対象とするプロダクトモデルである IFC-BRIDGE に準拠する形で実装を試みた。構築した感性プロダクトモデルを維持管理段階でのリニューアル事業でどのように使うのかを示し、合意形成段階でのデータ利用がスムーズに行うことができることの確認を目指す。

維持管理やリニューアルなど、供用期間中に発生する事業でも合意形成は行わなければならないが、利用者の要求性能をプロダクトデータとして利用できてこそ、計画・設計から維持管理までのライフサイクルをサポートできるプロダクトデータの完成に近づくことと予想される。利用者が要求する性能には形状、色彩、調和性、シンボル性など様々なものがあり、学生や技術者、発注者、主婦、団体関係者など様々な立場の関係者が存在する。これら様々な関係者が持つ複数の要求性能は多岐にわたる。このような多様な性能を取り込んだ感性プロダクトモデルの構築が実現したとき、これまでできなかった住民参加による合意形成が可能となる。しかし、これら多様な性能を収集することは時間もかかるし、容易ではない。しかも、これら要求性能は社会経済状況の変化や個人の価値観の多様化などから時間とともに変化するため、継続した性能の把握が必要となる。

2. 本研究の考え方

(1) 合意形成と性能に関する従来の研究概要

合意形成の手法としては VRML や GIS, VR などを用いた景観シミュレーションが多く報告されている^{1)~4)}。また、合意形成時におけるデザイン要素と感性との関係を把握するために自己組織化特徴マップ (SOM) を用いて視覚的に表現したり⁵⁾、合意形成に必要な代替案の作成を支援するシステムを構築した研究^{6)~7)}もある。同じく、住民の意見や嗜好を取り入れて住民への景観案提示をスムーズに行うための意志決定を支援するシステムを構築した研究もある⁸⁾。このように、合意形成の各段階で市民に対して、景観シミュレーションや代替案、景観構成要素を一部変更した場合の評価などを視覚的にみせるツールの開発が行われている。

国の動きも急であった。これまで取り組みが遅れて

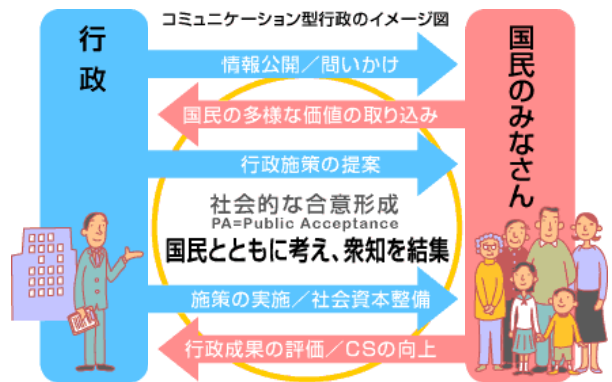


図-1 コミュニケーション型国土行政の創造に向けて⁹⁾

いた合意形成に対して、国がとった政策が 1999 年 1 月の「建設省：コミュニケーション型国土行政の創造に向けて」⁹⁾である(図-1 参照)。書き出しに、“社会資本整備や地域づくりは、本来、国民と行政との協働、共創作業である”とあるように、合意形成をかなり意識したもので、その後、行政と国民とのやりとりが積極的に行われるようになった。

一方、性能設計に関する取り組みは、1998 年頃から本格的に始まった。土木、建築、鋼構造、コンクリート構造、基礎構造など各技術標準間や国際技術標準との整合性について問題を指摘する声が多くなったことを受けて、土木・建築分野の設計に関する基本的な考え方を示すものとして、2002 年 3 月に「土木・建築にかかる設計の基本」¹⁰⁾が策定された。国土交通省が所掌する設計に係わる技術標準については、この「土木・建築にかかる設計の基本」の考え方に沿って、今後の整備・改訂を進めることが国土交通省内で決定している。この中で、“構造物の設計は、安全性、使用性、修復性といった事項以外に、景観、自然環境に与える影響、経済性等にも配慮した総合的なものであるが、ここでは、設計の基本で規定した安全性、使用性、修復性等を考慮した「構造設計」に限定している。”とあるように、景観は対象外となっている。

時を同じく 1999 年頃から性能設計に関する議論がされ始めた。2001 年 4 月に土木学会から刊行された「環境負荷低減型土木構造物設計ガイドライン」¹¹⁾は、図-2 に示すように、設計において要求機能や要求性能を定義したもので、景観という機能に対して要求される性能を階層構造で示した初めてのものである。これまで、要求機能は経済性や安全性、使用性、施工性などしかなかったものが、環境要求性能として、環境負荷と景観とが同レベルで定義されたことが大きい。これにより、景観特性という機能と性能とが一つの設計体系の元で検討されることになった。

(2) 性能設計体系における景観性能

土木学会は、性能設計に基づく設計コードについて報告書¹²⁾をまとめており、その中で性能規定の導出に目的および要求性能の上位規定を明示することを求めている(図-3の左)。その上で、自由設計の照査アプローチAとプリミティブな設計法である照査アプローチBのいずれでも設計が可能としている。この性能設計体系の特徴は、設計の出口である要求性能(目標性能、性能規定、性能表現による要求水準)に対する照査結果の信頼性を改めて評価するシステムが必要であるとしていることである¹³⁾。この性能設計体系の土木学会案に景観設計および景観性能がどのように対応しているかを示したのが図-3である。香月は、文献14)で照査結果を評価するシステムが重要であるが難しいとしているが、景観設計において照査結果を評価する方法は、市民や実際の利用者などに代替案を提示して、例えば、アンケートなどによりデザインコンセプトに合致しているかどうかの確認を行う方法が一般的であると思われる。

このように、合意形成での代替案を作成する際の重要アイテムの把握や、要求性能を事前に確認したりするためには、様々な関係者ごとの要求性能をプロダクトモデルとして定義しておけば合意形成もスムーズに進行すると考えられる

図-3で示したのは、デザインコンセプトが確定してからのもので、構造各部詳細を決定していく段階の対応である。もちろん、デザインコンセプトを設定する際にも、市民や住民、様々な関係者などと合意形成を図り、目的や要求性能などを明らかにしていく必要があると思われる。

(3) プロダクトモデル

工業製品や構造物のライフサイクルにおいては、解析、照査、設計、積算、CAD、施工管理、維持管理など異なるシステム間でのデータの相互運用を可能とするために、3次元プロダクトモデルの研究開発が進められている。国際標準としては、ISO(International Organization for Standardization)のSTEP(STandard for the Exchange of Product model data)¹⁴⁾があり、主に自動車やプラント、船舶等の分野に関するデータ交換用アプリケーションプロトコル(AP)が規定されている。建築分野ではIAI(International Alliance for Interoperability)のIFC(Industry Foundation Classes)¹⁵⁾が開発されつつある。橋梁では、IAIフランス支部がIFC-BRIDGE¹⁶⁾の開発を始めている。また、矢吹らはプレストレストコンクリート(PC)橋梁を対象にIFCを拡張したプロダクトモデルの開発を行っている¹⁷⁾、¹⁸⁾。また、矢吹らは鋼橋のプロダクトモデルの検討を行った¹⁹⁾。さらに、矢吹らは鋼骨組構造を対象として

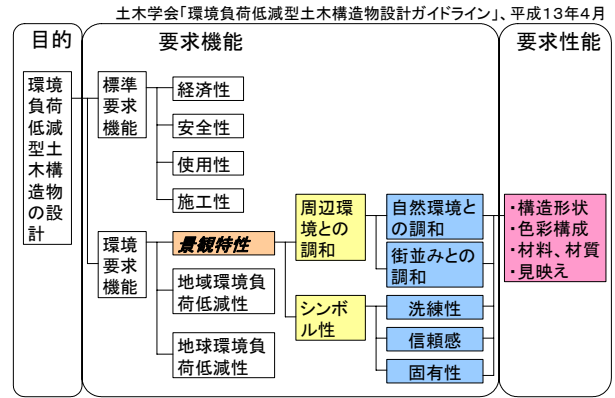


図-2 目的・機能・性能の評価項目の階層図

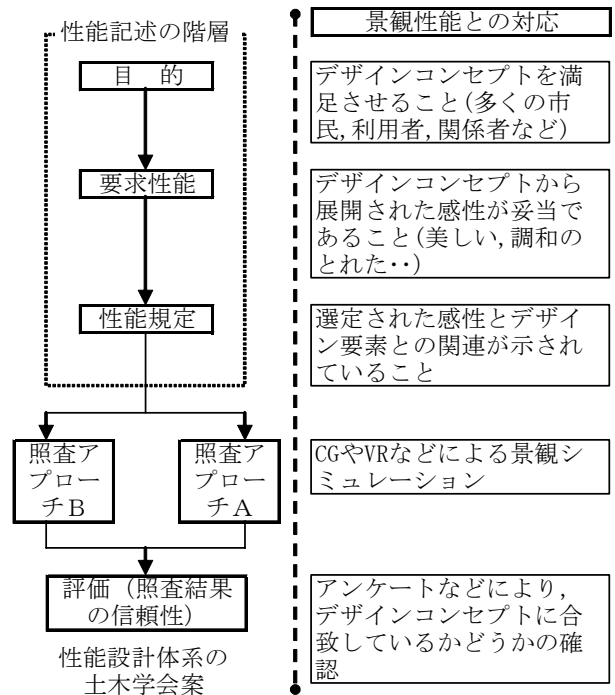


図-3 性能設計体系の土木学会案に対する景観性能の対応

IFCを参考にプロダクトモデルを開発し、実装する研究を実施している^{20),21)}。矢吹らの橋梁プロダクトモデルは、フランスのIFC-BRIDGEと統合化され、新IFC-BRIDGEとなり、さらに、新IFC-BRIDGEはIFCの次期バージョンに含まれる予定である²²⁾。

(4) 本研究の位置づけと将来性

社会資本整備事業において、市民が主体的に参加していくケースが増えている。行政は、計画プロセスの透明性や説明責任などがこれまで以上に強く求められ、情報提供や広く意見を聞くだけではなく、市民の総意を生み出すプロセスや合意形成に対する姿勢が問われている。これに対して、行政側も市民の意見を反映させる仕組みづくりに取り組んでおり、この仕組みを十

分に機能させるための取組みが重要となる。

合意形成においては様々な意見を聞いて選択肢を広げ、トレードオフや優先度を調整することになるが、その議論のベースになるのが市民の景観に対する要求性能である。市民が景観に対して求めている事項を共通の要求性能として定義することで、議論における共通の基盤ができる。そして、トレードオフや優先順位付けの段階で参加者全体の公平さの維持あるいは特定の参加主体の不利益になるケースの回避につながるからである。

このように、性能設計体系における景観の要求性能を利用者の視点から考え、利用者の性能として定義するとき、共通の議論の基盤になるのが性能を記述したデータモデルである。単独で利用者の要求性能だけをモデル化するだけでは足りない。合意形成を含む性能設計という大きな枠組の中で考えると、構造物のプロダクトモデルを拡張し、形状を表現する従来のプロダクトモデルに利用者の要求性能を感性データとして付加することが望ましいといえる。今後、感性データを収集していく上でもプロダクトモデルとして取り扱った方がよいと考える。この理由は以下のとおりである。利用者の要求性能を別途データモデルとして定義しても良いが、ライフタイムの長い維持管理期間ではリニューアルや設計に際して諸元や形状データも同時に必要となる。形状データと性能データとを別々にデータモデル化するよりも形状を表現するためのデータモデルは既に IFC-BRIDGE などのプロダクトモデルとして開発されてきており、IFC-BRIDGE などに利用者性能を属性として付加方が一元管理が可能となり、利便性が向上すると考えられるためである。

市民あるいは複数の参加主体がもっている景観に対する要求性能を定義し、プロダクトモデルとして定義し、合意形成を図るという研究はこれまでにない。景観性能という観点から感性プロダクトモデルを構築し、合意形成を図る方法が確立できれば、設計やリニューアル、維持管理にも反映可能で、その成果が大いに期待できる。

3. プロダクトモデルの拡張

社団法人日本機械工業連合会と財団法人エンジニアリング振興協会の「CAE/PMS 統合化に関する調査研究」²³⁾によると、プロダクトモデルは、「製品を製造するために必要な、形状、機能およびその他のデータによって、その製品をコンピュータ内部に実現したモデル」と定義されている。すなわち、すべての工業製品をコンピュータ中に表現したもので、通常は製品の形状モデルが代表的である。また、プロダクトモデルとしては、形状に関する情報だけでなく、部品であれ

ばねじ穴やリブなどのフィーチャ情報の他に、材質や交差、加工方法、購入先、価格などの情報までも表現するとある。このようなプロダクトモデルの標準化は STEP などにより進められている。製品によっては形状モデルよりも論理モデルやプロセスモデルが重要になることも多い。さらに、プロダクトモデルを論じる場合、作成されたモデルを何に使用するか重要である。意匠を評価したり、組立手順を評価したり、構造解析などに用いたりする。したがって、その用途によってもモデルの表現方法が異なるので、何にでも使えるようなプロダクトモデルは存在しない。

以上の事項を土木構造物にあてはめてみると、現在、プロダクトモデルが形状モデルを主流に開発されている^{17)~22)}のは、計画、設計、解析、CAD など幅広く使用できることがその理由である。しかし、最も供用期間が長い維持管理段階では補修履歴、補強履歴、点検結果、変化する利用者の要求など形状以外の様々な情報が存在する。補修、補強、点検結果などのデータをどうするかは現在進行中のアセットマネジメントの仕組みの中で議論されていくものと予想される。利用者の要求性能を実現させるための合意形成で用いられる感性データは土木構造物を製造またはリニューアルするための機能として定義データとしてとらえることで、感性データはプロダクトモデルの機能情報として定義できる。ここで、感性データとは、「技術者や学生、主婦、発注者などの様々な関係者による複数の評価形容詞とアンケート結果、評価対象の画像、因子分析結果、数量化 I 類によるスコアや偏相関係数などを整理し、コンピュータ上で利用できるようにしたもの」をいう。具体的には、文献 5)~7)より、女子学生、男子学生、橋梁技術者を対象に実施したアンケート調査をもとにして、20 のアイテム、60 のカテゴリにより数理化理論 I 類により分析した結果である。補修や補強を行った後の変化した形状寸法などは従来型のプロダクトモデルとして保存される。この感性プロダクトモデルはリニューアルや形状変更などのライフサイクル期間で発生する幾多の維持管理あるいはリニューアルの中で使用する情報としても利用されるし、その応用範囲は広い。このように、人々の要求性能は時代とともに変化し、多様化していくが、要求性能のプロダクトモデルはまだ存在しない。

以上より、感性プロダクトモデルを「感性データを用いて、利用者の要求性能を実現させるために合意形成などで利用されるものであり、既存の形状を表現するプロダクトモデルと整合がとれるように配慮したモデル」と定義する。

用途としては、この感性プロダクトモデルは CAD で形状を見ることができるようになることはなく、橋の基本形状や感性プロフィール、数量化による分析結果、

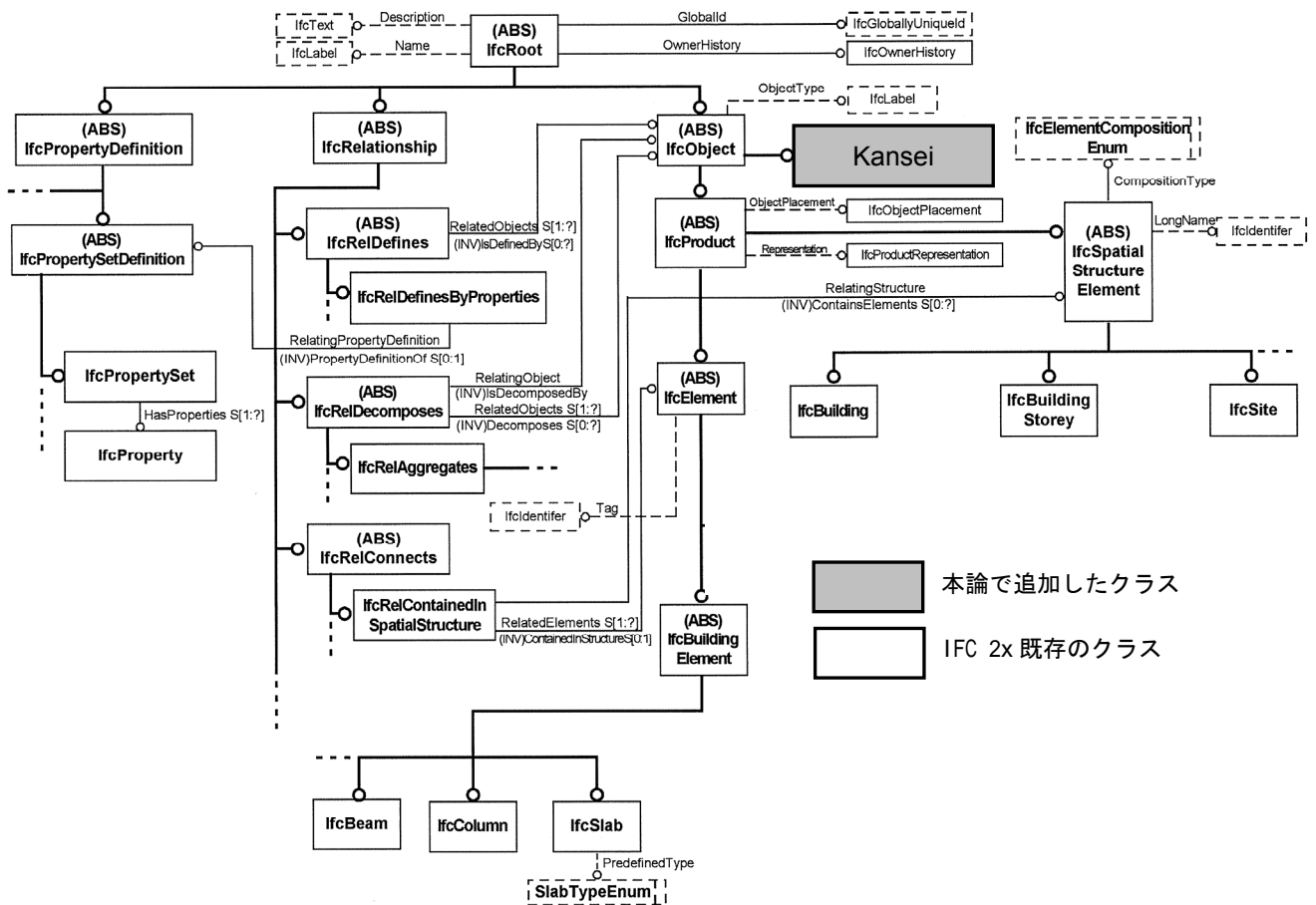


図-4 開発したプロダクトモデルの全体図の一部¹⁹⁾

合意形成用のスコアなどを表示することに利用できる。

4. 感性プロダクトモデル

(1) 開発のコンセプトと実装

合意形成に利用できる感性プロダクトモデルの構築にあたり、課題となるのは、元となる形状モデルを表現するプロダクトモデルとして何を選定するか、合意形成がうまくできるようなデータモデルの構成をどうするかということである。

橋梁のプロダクトモデルとしては IFC-BRIDGE を参考にして、新しいクラスなどを付加および実装している例が多い^{17)~22)}。プロダクトモデルの実装に関しては、ISO の STEP では、スキーマを EXPRESS 言語により定義し、物理ファイルは Part-21 ファイルを使用することになっている。IFC も、基本的には STEP に準拠しており、同ファイル形式を採用している。本研究においても、これらの国際標準のフォーマットを踏襲すべきと考えられるが、EXPRESS を処理するソフトウェアは一般に高価であり、また、自主開発するには相当な労力を要するといった問題がある¹⁹⁾。

そこで近年、EXPRESS 言語や Part-21 ファイルに代

わるものとして、XML が注目されており、様々なプロダクトモデルの表現に利用されている。XML は、開発や処理がやすく、無料で提供されており、インターネットでアクセス可能な言語であり、ブラウザや他の一般的なアプリケーションに簡単に統合出来る。IAI においても IFC およびその物理ファイル (Part-21) を実装することを目指して策定された ifcXML により実装を行っている。ifcXML のスキーマの記述には、XML Schema が採用されており、XML Schema の持つ高度なクラス拡張機能や、混合型モデリング、データ型定義等の機能をそのまま使用することが可能である。よって、EXPRESS 言語による複雑なデータ型定義やクラス定義を確実に実装することが可能であると考えられる¹⁹⁾。

(2) 開発したクラスと属性

本研究では、構造物の合意形成用データを表現するため、感性というクラスを IfcObject クラスのサブクラスに Kansei クラスとして定義した (図-4)。この理由は、Kansei クラスは形状データであるウェブやフランジなど部材を表現するクラスとは異なり、このような形状以外の要素や属性を表現できるクラスが既存の

アンケートなりを追加してインスタンスに追加していけばよいと考える。

(2) 確認

この構築したデータモデルが妥当であることを確認するためには、今後 IFC プロダクトモデルなどに付加して形状モデルとの整合性を確認することが課題となる。感性プロダクトモデルは形状データのように CAD などで描画して確認することや、CAD へのデータコンバータなどで確認することができない。本研究で意図しているのは、あくまで、合意形成時に利用できるデータをプロダクトモデルとして定義し、合意形成がスムーズに進行するような関係者への代替案の提示や出力が可能かどうかを確認することにある。感性アンケートや橋梁諸元、数量化による分析結果が XML インスタンスファイルに単純にかつ迅速に作成できること、その XML データを用いて、被験者毎のカテゴリスコアをうまく表示できることから、本研究で提案するプロダクトモデルは研究や開発におけるプロトタイプングに向いていると考えられる。

感性プロダクトモデルの活用イメージとしては、前述の合意形成でのデータ利用の他に、デザイン要素が部分的に変化した場合に評価がどのように変わるかを把握することにも利用できる。具体的には、排水管を見えないように施した場合に各被験者で評価がどのように変わるかを検討したいケースなどである。この場合は、排水管以外のアイテムカテゴリを固定し、排水管のカテゴリだけを変更して評価の違いを把握することができる。この場合もカテゴリスコアなどをインスタンスとしてモデル化してあるので直ぐに利用できる。

6. おわりに

本研究では、性能設計体系における景観の要求性能を利用者の視点から考え、利用者の性能として定義するとき、共通の議論の基盤になるのが性能を記述したプロダクトモデルであるとして、これまでの形状を表現することに主眼をおいたプロダクトモデルを拡張し、利用者の要求性能を付加することを試みた。その際、今後世界標準を目指す IFC を拡張することにより開発されたプロダクトモデルである IFC-BRIDGE に感性データを追記することとした。これにより、さらなるデータの相互運用が可能になると予想される。そして、維持管理フェーズでの塗装のリニューアル段階において、構築した感性プロダクトデータを用いて合意形成をはかるための出力例を提示した。

今後は、合意形成時に要求される機能や多様化する感性を取り込んだ、さらなるプロダクトモデルの有効

アイテム	カテゴリ	スコア合計	-	+
1.主桁形状	①等断面	-0.0071474		
	②変断面	0.0234842		*
2.平面形状	①直線桁	-0.0001106		
	②曲線桁	0.0005116		
3.桁の色彩	①赤	-0.0571994	***	
	②青	0.0071575		
	③アイボリー	0.0812544		****
	④茶	0.2443427		*****
	⑤灰	-0.1180732	*****	
	⑥緑	-0.0774829	****	
4.高欄の色彩	①灰	-0.1043368	****	
	②茶	0.0059979		
	③白	0.114067		*****
	④緑	-0.3486433	*****	

図-6 カテゴリスコア(女子学生)

利用を目指していく。

参考文献

- 1) ハンマード アミン, 杉原健一, 松本直司, 若山 滋, 林 良嗣: 都市景観評価における合意形成のための GIS、CG 及び WWW の統合, 土木学会, 土木情報システム論文集, Vol.8, pp.215-222. 1999.10.
- 2) ハンマード アミン, 杉原健一, 林 良嗣: 3D-GIS 及びインターネットを用いた都市景観評価の合意形成システム, 土木学会, 土木計画学研究・講演集, Vol.22-1, pp.5-8, 1999.
- 3) 永井英樹, 山中英生, 山口行一, 三谷哲雄: VRML を用いた景観シミュレーションの利用環境分析, 土木学会年次学術講演会講演概要集第4部, Vol.55, pp.316-317, 2000.
- 4) 佐々木崇臣, 山野高志, 吉川 眞: 空間データを活用した 3次元モデルの生成 - 歴史的街並みを対象として -, 土木学会年次学術講演会講演概要集第4部, Vol.57, pp.123-124, 2002.
- 5) 保田敬一, 白木 渡, 藤原 寛, 堂垣正博: 強化学習法を用いた SOM による桁橋景観評価写真の分類と評価, 土木学会, 土木情報利用技術論文集, Vol.12, pp.1-10, 2003.10.
- 6) 保田敬一, 白木 渡, 堂垣正博: 桁橋の景観設計における合意形成用代替案作成時の留意事項, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.50A, pp.287-294, 2004-3.
- 7) 保田敬一, 白木 渡, 堂垣正博: 桁橋の景観設計における合意形成用代替案作成支援システムの構築, 土木学会, 土木情報利用技術論文集, Vol.13, I -14, pp.117-124, 2004-10.
- 8) 古田 均, 三雲是宏, 林真理子, 鳴尾友紀子, 堂垣正博: 意思決定支援システムによる住民参加型橋梁景観設計手法に関する研究, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.51, pp.305-312, 2005-3.
- 9) <http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/policy/communication/index.html>
- 10) 国土交通省: 土木・建築にかかる設計の基本. 2002.3.

- 11) 土木学会:環境負荷低減型土木構造物設計ガイドライン, 2001.4.
- 12) 土木学会包括設計コード策定基礎調査委員会:性能設計概念に基づいた構造物設計コード作成のための原則・指針と用語, 2003-3.
- 13) 香月 智:性能設計体系の目指すものー性能設計体系と従来の設計体系の違いー, 土木学会平成 18 年度全国大会研究討論会 研-08 資料, pp.4-6, 2006-9.
- 14) ISO 10303-1: Industrial Automation Systems and Integration-Product Data Representation and Exchange, Part 1: Overview and Fundamental Principles, 1994.
- 15) IFC: http://www.iai-international.org/iai_international/
- 16) IFC-BRIDGE:
http://www.iai-france.org/bridge/BRIDGE-Model/Model-V1/IFC-BRIDGE-V1-Model_fichiers/frame.htm
- 17) 矢吹信喜, 志谷倫章:IFC に基づいた PC 中空床版橋の 3次元プロダクトモデルの開発, 土木情報システム論文集, 土木学会, Vol.11, pp.35-44, 2002.
- 18) 矢吹信喜, 志谷倫章:プロダクトモデルを用いた包括的設計支援システムの開発, 土木情報利用技術論文集, Vol.13, pp.273-280, 2003.
- 19) 矢吹信喜, 小谷 隼, 志谷倫章:バーチャルリアリティを利用したプロダクトモデルに基づく鋼桁橋設計システム, 土木情報利用技術論文集, Vol.13, pp.211-220, 2004-10.
- 20) 矢吹信喜, 小谷隼, 小室雅人:マルチエージェントとプロダクトモデルを用いた3次元 CAD 環境, 土木情報システム論文集, Vol.11, pp1-8, 2002.
- 21) 矢吹信喜, 小谷隼:Web サービス化したマルチエージェントによる鋼骨組構造設計の支援について, 土木情報システム論文集, Vol.13, pp.281-288, 2003.
- 22) 矢吹信喜, 李 占涛:日仏橋梁プロダクトモデルの統合化による新 IFC-BRIDGE の開発と CAD コンバータの改良, 土木情報利用技術論文集, Vol.15, pp.59-66, 2006.
- 23) 社団法人日本機械工業連合会, 財団法人エンジニアリング振興協会:エンジニアリング能力の強化に関する調査研究報告書(1) CAE/PMS 統合化に関する調査研究, 1995.3.
- 24) DOM:横井与次郎, Java/XML プログラミング入門, ソフト・リサーチセンター, 2001.

(2007.5.18受付)