

適正技術の設計・製作支援のためのUPCプラットフォーム

UPC Platform for Design and Fabrication of Appropriate Technology

青木 翔平*1 赤石 美奈*2 堀 浩一*3
 Shohei Aoki Mina Akaishi Koichi Hori

*1 *3 東京大学大学院工学系研究科
 School of Engineering, University of Tokyo

*2 法政大学情報科学部
 Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University

In order to assist the design of the appropriate technology, we propose UPC Platform which enables end-users to design the appropriate technology by their own needs. We discuss on the framework and the support system in UPC Platform, and show the implementation of the system through the example of designing refrigerator for the unelectrified area. Moreover, we mention the importance of the nebulous knowledge.

1. はじめに

適正技術とは開発途上国の問題解決に用いられる、現地で利用可能な材料を使って安価に製作できる技術の総称である。適性技術の例として、パラボラアンテナを改造した調理用の熱源を発生させる製品や、自転車のペダルを漕いで洗濯機の回転槽を回転させる製品がある。これらの注目すべき特徴として、(1) 地域に特有の要求を満たしていること、(2) 従来とは異なる技術の使われ方がなされていること、が挙げられる。適性技術は主に国際開発の文脈で注目を集めて実際の製品開発が行われてきたが、従来その設計の担い手となっていたのは特定の技術の専門家であった。これに対して本研究では、現地の人々による適性技術の設計および製作を支援することを目的とする。現地の人々が設計の担い手になることを目指す理由は、専門家だけでなく一般の人々も設計に加われればより多くの適性技術を産み出すことができることと、住民自身が地域の課題を解決していくことが地域の自立的で持続的な発展につながると考えているためである。

現地の人々による適性技術の設計および製作に関して、以下のような課題点が挙げられる。まず、ものづくりの経験がない一般市民はものづくりのスキルやノウハウを有していないことが想定される。また適性技術の特徴である地域に特有の要求という点について、これらが社会的な要求として顕在化していることは稀であり、従来専門家によるフィールドワークやインタビューを通してこの現地の課題の発見が試みられてきたという経緯がある。最後に、従来とは異なる技術の使われ方がなされるという点に関しても、そもそもどのような技術が利用できるかという全体像を持っていない一般の人々が新しい技術の使い方を発見する、というのは難しい課題である。そこで本研究では、設計・製作支援のためのプラットフォームの提案というアプローチをとり、以上の課題点を解決することを目標とする。

2. UPCプラットフォーム

2.1 概要

適正技術の設計においては地域に特有の要求、すなわちニーズの特定が困難である。本研究では、あらかじめニーズを特定することに主眼を置くのではなく、プロトタイプを数多く製

作することで事後的にニーズを発見していくことを目指す。したがって、プロトタイプを素早く、容易に作るためのプラットフォームを構築するというアプローチを採用する。ところで、ものづくりのプラットフォームにおいて共通しているのはモジュールの組合せという性質である。ここでモジュールという単語は、システムにおいてある機能を実現する部分要素という意味で用いている。モジュールを利用した設計および製作の利点は、各モジュールとそれが表現する機能を一対一で結びつけることで、そのモジュールが有する内部の構造は無視し、単純化して設計・製作を行うことができる点である。ここで、ある機能を持つモジュール同士の組合せを試すことは、従来とは異なる機能を発現させることにつながる可能性がある。したがってものづくりのプラットフォームは、適性技術の設計における課題点であった従来とは異なる技術の使われ方、という点にも貢献できると考える。

本研究において構築を目指す、この適性技術の設計・製作支援に利用するためのプラットフォームをUPCプラットフォームと名付ける。UPCとはUniversal, Personal and Customizableの略である。UPCプラットフォームは設計のフレームワークと支援システムから構成される。

2.2 設計のフレームワーク

従来の工学的な設計手法では、要求仕様が与えられてそれを設計解に落としこんでいくというプロセスをとるが[Suh 92][中沢 01]、UPCプラットフォームではものづくりのサイクルを多く回してプロトタイプにフィードバックを与え続けることで真のニーズを発見することを目標とする。UPCプラットフォームにおける設計のフレームワークをFig.1に模式的に示した。

設計のフレームワークは以下のプロセスから構成される。

1. 初期ニーズを決定する
2. 初期ニーズを複数の機能に分解し、各機能を達成するモジュールを決定する
3. 既存のデータベースから各モジュールの製作マニュアルを検索する
4. 製作マニュアルに基づいてモジュールを製作する
5. モジュールの組み合わせによりプロトタイプを製作する
6. 現地においてユーザテスト（フィールドテスト）を行う
7. ユーザからのフィードバックをもとに、新たなニーズ（2次ニーズ）を定義する
8. 2次ニーズに基づいて次のサイクルを回す

連絡先: 青木 翔平, 〒113-0033 東京都文京区本郷 7 丁目 3-1 東京大学工学部 7 号館 420 号室,(03)5841-1839,aoki[at]ailab.t.u-tokyo.ac.jp

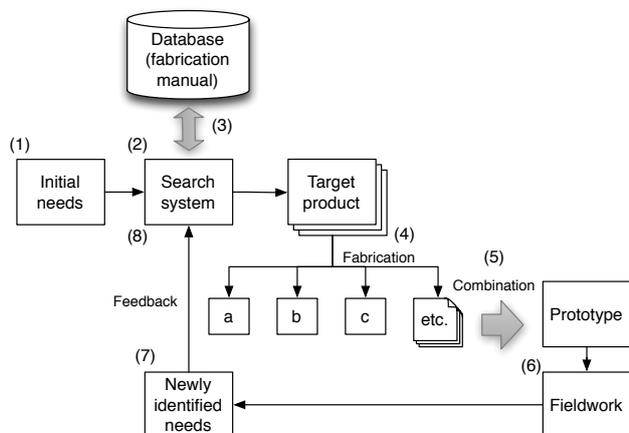


Fig. 1: Design framework of UPC Platform

2.3 支援システム

UPC プラットフォームにおいて必要とされる支援システムを、設計のフレームワークと対応させて Fig.2 に示した。

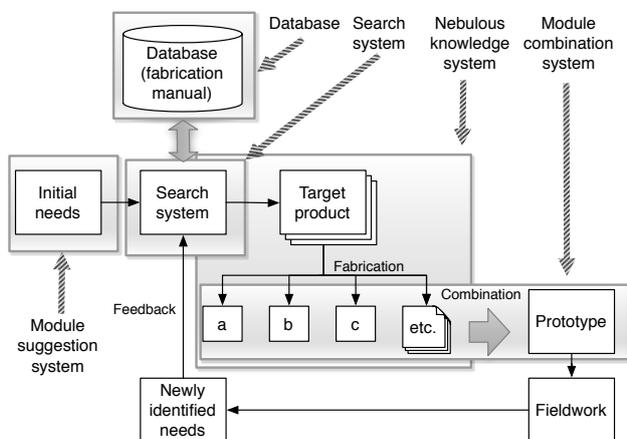


Fig. 2: Support system in UPC Platform

1. ニーズに対応する機能モジュールを提案するシステム
2. 検索システム
3. ものづくりの非体系的知識を取り扱うシステム
4. モジュールの組合せのシミュレーションを行うシステム

以下で各要素の詳細について述べる。

2.3.1 ニーズに対応する機能モジュールを提案するシステム

人工物を工学的に設計するには、ミッションから要求機能を洗い出し、各機能から構造を割り出すというプロセスを経る [濱口 09]。UPC プラットフォームで想定する設計者は専門知

識を持たない個人であるため、従来の設計知識に基づいて自身で設計を行うことはせず、既存のデータベースから自分の目的に適合する既存の人工物を選択する。この際、設定した初期ニーズを達成する人工物の名称が何であるか分からなかったり、自身の知識の範囲内で思いつく人工物の選択肢が少ないといった可能性がある。これを支援するのがニーズに対応する機能モジュールを提案するシステムである。

2.3.2 検索システム

前項におけるモジュール提案システムにより、提示した初期ニーズに対して何を作ればよいか、その人工物の名称は既知である。次に必要なのは既存の人工物の設計データベースからその名称に対応する人工物を検索して、その設計データを入手するプロセスであるが、ある名称に対応する製品は一般に多く存在するために、場合に応じたデータを選ぶ必要がある。このプロセスを支援するのが検索システムである。

2.3.3 非体系的知識を取り扱うシステム

まず非体系的知識という言葉について説明する。個人のものづくりにおいては、手持ちの材料における制約や、要求がきほど厳しくないなどの条件から最適設計解を利用しない場合がある。また適正技術という文脈では、環境に制約があるために今まで最適だと思われていた材料や道具を利用することができないことも考えられる。そうすると、各製作の際に用いられる知識は、ある特定の製品にしか当てはまらず、もしかするとその場限りでしか用いられない知識である可能性がある。このような知識を本研究では**非体系的知識** (Nebulous knowledge) と定義する。非体系的知識は非常に特殊な場合の知識であって一般化して記述することは困難であり、そもそも一般化して記述することは非体系的知識の意義を失う。このような非体系的知識が従来の体系化された工学的な設計知識に出現することは稀である。本研究では、個人のものづくりという分野において、この非体系的知識が重要であることを指摘する。この非体系的知識を一般化して記述するのではなく、そのままデータベースに格納して参照できるようにし、さらに類似の特殊な状況が発生した場合に以前発見した非体系的知識を最利用することを旨とする。Fig.3 に非体系的知識の記述に関する概念図を示した。

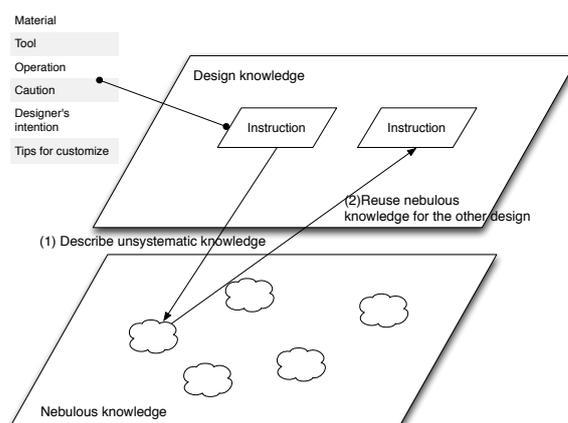


Fig. 3: Nebulous knowledge

次に非体系的知識を取り扱うシステムの実装について述べる。Fig.4では、二種類のプロダクトの作り方が時系列に沿って並べられている。ここで、各行程における作り方を記述する文の集合をインストラクションと呼ぶことにする。

システムの動作は以下である。まず、製作者がインストラクション A1 に対して非体系的知識 a1 を追加する（非体系的知識の記述）。次に、この非体系的知識 a1 の他の適用先として、インストラクション A1 に状況が類似しているインストラクションを提案したい。このためにインストラクション A1 に、その内容を簡潔に表現するタグ tA1 をつけておく。もしインストラクション B1 も同じタグである tA1 を持っていたら、非体系的知識 a1 の適用先としてインストラクション B1 を返すというのがこのシステムの仕組みである。

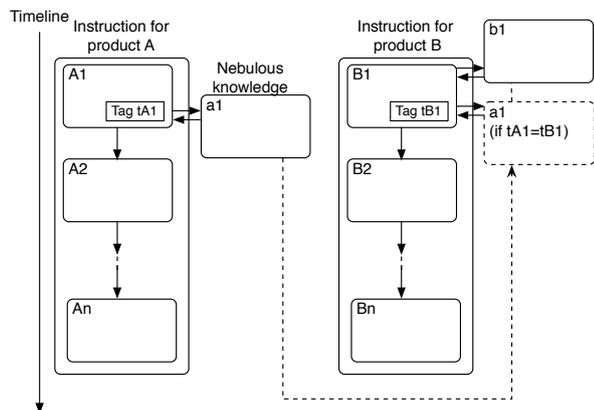


Fig. 4: Reuse of nebulous knowledge

2.3.4 モジュールの組み合わせをシミュレートするシステム

UPC プラットフォームでは製作した機能モジュールを網羅的に組み合わせるプロトタイプを作成を行う。この各機能モジュールの網羅的な組合せを、実機だけでなくシミュレーションで行うのがモジュールの組み合わせを提示するシステムである。実装を行う上では、機能の面から見た組合せだけでなく、構造的な制約を考えた上で各モジュールが接合するかという点も考慮する必要がある。

3. 例題を通した UPC プラットフォームの考察

UPC プラットフォームを適用して適正技術を開発する際の例題として、「非電化地域における冷蔵庫」というテーマを設定する。設計および製作のプロセスは以下のようになる。

1. 初期ニーズの特定
2. 機能の展開と機能モジュールの同定
3. データベースからの機能モジュールの検索
4. マニュアルを参照した機能モジュールの製作
5. 機能モジュールの組合せによるプロトタイプ製作
6. ユーザテストとフィードバックによる新たなニーズの発見

3.1 設計フレームワークの適用結果

まず、初期ニーズには本例題のテーマである「非電化地域における冷蔵庫」が該当する。次に機能モジュールの決定であるが、冷蔵庫が必要とする機能は大きく言えば「冷やす」「ものを入れる」「密閉する」の3つである。このなかで、冷やすという行為は熱を移動させる操作であるから、対流や伝導を利用した熱交換の方法が「冷やす」機能の下層に展開される。さらにこれを辿っていくと、最終的にスターリング冷凍機やペルティエ素子などの機能モジュールが得られた。同様に、「もの

Table. 1: 更新された非体系的知識

スターリングエンジンの製作における非体系的知識	
運転の際に、ピストンロック長さをしながらクランク径を微調整する	
プラスチック製のビーズをシャシとフライホイールの間に挟むことでスペーサーとする	
フライホイールの慣性質量を大きくするため 10 円玉をフライホイールに貼る	
コンロッドを長くすることで変位によるサイドラストを減らす	
パワーピストン側のコンロッドとパワーピストンを接続する際にパテを利用する	
気密性を高めるため、空気の導管に弾性率が高いシリコンチューブを用いる	
塩ビ板とネジを用いてクランクピンとする方法がある	
ピストン内の空気を抜きながら気圧を調節し、エンジンがうまく始動する圧力を探す	
ステンレス棒を購入する際は、ステンレス棒を 0.2mm の刻み幅で売っている釣具屋で購入する	
ビニル銅線の被覆をシャフトの留め具に用いる	

Table. 2: 非体系的知識の再利用

関連が示された製品名	関連が示されたインストラクション	スターリングエンジンのインストラクション	再利用された非体系的知識	タグ
ソーラートラックカー	台座とサーボモーターの間にスペーサーを設けても良い	...(中略) 軸受は、このようにシャシが硬い材料であれば穴を開けるだけで十分です。	プラスチック製のビーズをシャシとフライホイールの間に挟むことでスペーサーとする	回転軸

を入れる」ことができるという機能は任意の空間を提供するというものであるから、対応する機能モジュールとしては内部に空隙を有する任意の 3 次元形状が考えられる。

3.2 支援システムの適用結果

本論文では、非体系的知識を取り扱うシステムの適用結果についてのみ述べる。まず、前項において決定した機能モジュールの一つであるスターリングエンジンを、小林義行氏の設計によるスターリングエンジンのドキュメント*1を参考にして製作した。ここで、ドキュメントの記述を参照するのみでは完成に至らなかったために小林氏に相談したところ、様々な専門的な知見を教授頂いた。そしてこれらの指導を基に再製作を行ったところ、実際にスターリングエンジンを運転させることができたが、ドキュメント上に記述されていないこれらの知識は本製作における非体系的知識ということが出来る。Table. 1 に得られた非体系的知識を示した。また、これらの非体系的知識の再利用の結果を Table.2 に示した。

3.3 考察

スターリングエンジンを動かす上で必要な非体系的知識をシステムに追加した。これにより、当初のマニュアルだけで製作することができなかった製作者を支援することができる。さらに追加された非体系的知識により、回転軸周りのスペーサーにプラスチックのビーズが利用できる可能性が示唆された。現在はデータベースに格納されている事例が少ないために得られた結果は少ないものの、今後事例が増えることにより、更なる興味深い非体系的知識の再利用を行うことができることを期待する。

一方で、非体系的知識の再利用に関しては記述者が恣意的に決定したタグを用いているため、何らかの指針や規則がないとタグが乱立してシステムがうまく機能しなくなるおそれがある。これについては統計的手法を用いたタグの決定なども今後の課題として挙げられる。

4. まとめ

本論文では適正技術の開発に関する考察を基に UPC プラットフォームを定義し、その性質を議論した。また、UPC プラットフォームにおける設計のフレームワークと支援システムについて考察し、実装方法について述べた。そして設定した例題に対して UPC プラットフォームを適用して支援システムを構築

*1 <http://members.jcom.home.ne.jp/kobysh/stirling/makeNoBB/makeNoBBindex.html>

した結果, 非体系的知識を記述して最利用することが適正技術の設計および製作支援に有効に働く可能性を示した.

参考文献

- [中沢 01] 中沢 広: 開発設計工学—独創的な商品開発のための工学的手法, 工業調査会 (2001)
- [Suh 92] Nam P. Suh: 設計の原理—創造的機械設計論, 朝倉書店 (1992)
- [濱口 09] 濱口 哲也: 失敗学と創造学—守りから攻めの品質保証へ, 日科技連出版社 (2009)