

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24603039

研究課題名(和文)事例とシナリオモデリングに基づく持続可能ビジネス設計・立案支援手法

研究課題名(英文)Case-based idea generation method of sustainable business

研究代表者

近藤 伸亮(KONDOH, SHINSUKE)

独立行政法人産業技術総合研究所・先進製造プロセス研究部門・主任研究員

研究者番号：40336516

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では様々な事業分野における持続可能ビジネス事例を収集し、その成功要因を分析・ルール化することで持続可能ビジネスの「パターン言語」を作成し、これとビジネスの外部環境を表現するステークホルダモデルやライフサイクルフローモデル等を組み合わせ、持続可能ビジネスを体系的に設計する方法および、その支援ソフトウェアの開発を行った。さらに、生分解性プラスチックの有効利用、小型家電リサイクルの2課題を対象に設計ワークショップを実施し、本手法を用いることで事業分野にとらわれずに様々な持続可能ビジネスアイデアを生成することが可能であることを確認した。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study is to seek a pattern language in the domain of eco-business design. By using the patterns as the basis for a shared agreement in a community, users and any stakeholders in the community can design their surrounding environment in a tightly cooperative manner. We first discussed the key features of the language that enables a cooperative design of eco-business among multiple stakeholders. Then, we formulated the language by using causal-loop diagram and rules that are extracted from the analysis of 123 eco-business cases in Japan. Three types of aspect models, each of which describes a particular relationship between inside and outside of business environment, are also developed to support eco-business design in this project. The feasibility and validity of the proposed method were confirmed through two simplified case studies: utilization of bio-degradable plastics and recycling of small electric appliances.

研究分野：ライフサイクル設計

キーワード：設計工学 環境調和設計 ビジネスモデル シナリオモデル 計算機支援 シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災からの復興に際し、環境負荷削減と高い生活水準を両立する社会インフラ整備、サービス提供の仕組みを構築する機運が高まっている。また製造業においても、事業活動をより低環境負荷・持続可能なものへ転換しようという動きが加速している。例えば製品機能(サービス)をユーザへ提供する形態(リース、レンタル、設備運用の代行など)を含めて製品やサービスを設計・最適化する製品サービスシステム(PSS)[1]や機能販売など様々な持続可能ビジネスの概念が提唱され、その一部[例えば2,3]は国内においても徐々に広まりつつある。特にPSSについては、ヨーロッパを中心に広範な事例分析が行われ、製品に関係する付加サービス(メンテナンスなど)を製品とともに提供するproduct-oriented型PSSから、カーシェアリングなど製品を販売しないuse-oriented型PSS、ビルなどの省エネルギー化を請負い、その成果を保証するESCOビジネス[2]などのようなresult-oriented型PSSまで、多岐にわたる事例が調査・収集されている。

しかし、これらの研究の多くは事例分類、記述に終始し、その分析事例から得られる設計方法論は抽象的であり、「具体的にどのように持続可能ビジネスを設計・立案すればよいか?現状ビジネスのどこを変えればより持続可能性に貢献しうるか?」といった、ビジネス・環境戦略立案者、あるいは製品・サービス設計者の問いに十分に答えうるような研究はほとんど存在しない。また、事業者はしばしば従来と異なるサービス提供手段を模索する必要があるため、様々な関連ステークホルダの合意形成が不可欠であるが、その支援のための方法論もこれまでほとんど研究されてこなかった。

2. 研究の目的

本研究は、持続可能な社会に向けた動きを企業のビジネスモデルや生活者のライフスタイルとして協調的に設計するための方法論および支援システムを構築することを目的とする。具体的には様々な事業分野における持続可能ビジネス事例を収集し、成功要因を分析・ルール化することで持続可能ビジネスの「パターン言語」[4,5]を作成し、シナリオモデリング手法、ライフサイクルシミュレーション技術と組み合わせ、持続可能ビジネスの協調型設計支援手法と支援ソフトウェアを開発し、事例分析および設計ワークショップを通じて本手法の有効性を評価する。

3. 研究の方法

本研究では持続可能ビジネスの「パターン言語」[4,5]を作成し、ビジネスの外部環境を表現する3種類のアスペクトモデルを用いてパターン言語から生成されるビジネスアイデアを評価・検証することで、持続可能ビジネスの設計・立案を体系的に支援する手法およ

びソフトウェアを開発する。

(1)持続可能ビジネスのパターン言語

ここでパターン言語とは、アレクサンダーが建築設計において提唱した方法論[4]である。アレクサンダーは、人々が心地よいと感じる建築物について、そこに生じる普遍的な問題構造と、その解決方法をパターンとして集積し、これらを「言語」として様々な関係者が繰り返し適用することで、人工物を設計する方法を提唱した。パターン言語は「街づくり」など複数の当事者が関与する協調設計課題に特に有効であり、実際に、この考え方はソフトウェア工学にも適用され[5]、様々なライブラリがパターン言語によって設計・共有され、これがライブラリコードの可読性を高め、複数の設計者間での設計意図の共有に大きく役立っている。

本研究ではまず、国内を中心に様々な持続可能ビジネス事例を分析し、そこに現れる問題構造と、成功事例におけるそれらの解決方法の間に観察される普遍的なパターンを特に顧客価値(UV)、環境負荷(LCE)、コスト(LCC)と事業活動の因果関係に着目しながら明らかにする。次いでパターンの間にある関係やパターン適用の順序・条件などを調べてパターン言語の「文法」を定義することで、体系的に抜け、もれなく持続可能ビジネスのアイデアを探索・生成する方法を構築する。

(2)持続可能ビジネスを表現するためのアスペクトモデル

本研究では、「既存の類似製品・サービスを提供する場合と比較して社会全体の環境負荷を削減するビジネス」を持続可能ビジネスと考える。なお、比較対象となる類似製品・サービスが存在しない場合は当該製品・サービスの導入に伴い社会全体の環境負荷が減少するビジネスを持続可能ビジネスと考える。持続可能ビジネスの成否は、社会全体の環境負荷削減効果を通して評価されるので、ビジネスの内部環境のみならず、外部環境をもモデル化することが不可欠である。そこで内部環境と外部環境の相互作用を資金・資源・エネルギー等の流れや、社会現象の因果的連鎖等の特定の観点(アスペクト)から表現する3種類のアスペクトモデルを導入し、これらをパターン言語と組み合わせることで、持続可能ビジネス設計を支援する手法を開発する。

4. 研究成果

(1)持続可能ビジネスのパターン言語

国内を中心に123件の事例を収集、分析し、これをもとに図1に示すように、5個の持続可能ビジネス実現の重要ポイント(図1中の赤色ノード)、23個の持続可能ビジネスのルール(図1中の緑色ノード)を抽出した。図中の矢印はルール間の関係を表し、黒色の矢印は始点のルールが終点のルールを可能にすることを、青色の矢印は始点のルールが終点のルールの一種であることを表している。

持続可能ビジネスの設計者は、対象となる製品・サービスの環境負荷を削減するためには、5 個の重要ポイントのどれに着目すれば良いかをまず決定する。次いで、重要ポイントから矢印を逆方向に順次たどることで適用可能なルールを探索し、当該ルールの適用事例を事例データベースから検索、参照しながらビジネスアイデアを生成する。このように、持続可能ビジネス設計のための知識を重要ポイント、ルール、事例を対応付けて整理することで、体系的に、広範囲の事例を検索しながら持続可能ビジネスのアイデア生成を支援することができるようになった。



図1 持続可能ビジネスのパターン

(2) 持続可能ビジネスを表現するためのアスペクトモデル

持続可能ビジネスの外部性を表現するため、内部の設計・制御可能なパラメータと、外部環境との関係を特定の観点から表現したアスペクトモデルとして、因果ループ図[6]・ロジックツリーモデル、ステークホルダモデル、ロジックツリーモデル、ライフサイクルフローモデルの3つのモデルを導入した。例えばステークホルダモデルとは、対象となる製品・サービスのライフサイクル全体を通じて間接的に関与するものまで含めて全てのステークホルダをリストアップし、それらの間での金銭、製品・材料・サービス、情報の流れを記述したものである。このモデルを用いることで、持続可能ビジネスを成立させる上での適切な事業範囲を発見することが出来る。また、因果ループ図・ロジックツリーモデルとは、各ステークホルダの振舞いの間の関係を因果関係として表現したモデルであり、これを用いることで当該製品・サービスが導入された結果社会全体にどのような影響が生じるかを動力的に評価することが可能となる。以上のように、持続可能ビジネスのアイデアを検証、評価、修正、更新する際に、事業範囲、社会全体への長期的影響評価等の諸観点の一つ一つに特化したモデルを用いることで、持続可能ビジネス設計において考慮しなければならない様々な外部事象を取り込んでビジネスアイデアを評価することが出来るようになった。さらに、これらのアスペクトモデル作成のためのエディタと、事例データベースをソフト

ウェアとして実装することで、持続可能ビジネスのアイデア生成をより効率的に支援することができるようになった。

(3) ケーススタディによる手法の検証

生分解性プラスチックや小型家電リサイクルを例題として同手法を用いて持続可能ビジネスを設計するワークショップを実施し、同手法と支援ソフトウェアを用いることで効果的に持続可能ビジネスアイデアを生成できること、さらに、その実現可能性や環境負荷削減見込みを定性的に速やかに見積もることで設計解の探索を適切に方向付けることができることを確認した。図2に「グリーン電力認証ビジネス」の成功要因をアスペクトモデルの一つ(因果ループ図)で表現したものを示す。図3に本研究で開発した持続可能ビジネス事例・ルールデータベースの実行画面(Microsoft Access™で作成)を示す。

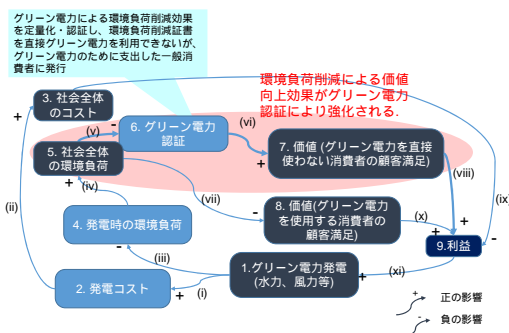


図2 グリーン電力認証ビジネスのモデル

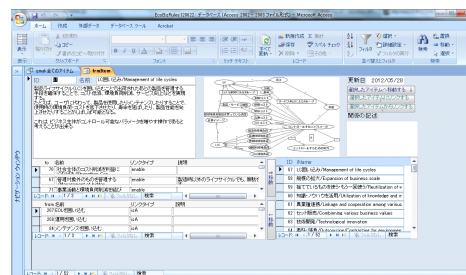


図3 エコビジネス事例・ルールデータベース実行画面

(4) まとめ

本研究は、複数のステークホルダで協調的に持続可能ビジネスを設計するための具体的な方法論と支援ソフトウェアの開発を試みるものであった。我々は、パターン言語と3種類のアスペクトモデルを組み合わせることでこの課題に取り組み、2例のケーススタディを通じて23個のルールからなるパターン言語と、3種類のアスペクトモデルが持続可能ビジネスのアイデア生成支援および、その妥当性評価に有効であることを確認した。また、一連のケーススタディを通じて、アスペクトモデル間の整合性管理等、現在人手で実施している作業を計算機により実施する

ことで、同手法の実用性をさらに高めうることも明らかになった。ルールや事例のさらなる充実も同手法の実用性向上に有効であると考えている。

製品・サービス設計に加えてビジネスモデルそのものを持続可能なものへと転換することの重要性はかねてから指摘されてきたが、これまで持続可能ビジネスを設計するための具体的な方法論は殆ど考案されてこなかった。本研究を皮切りに、様々な分野で新しい持続可能ビジネスが登場し、日本の環境負荷削減に貢献することができるよう、手法の一層の改良と普及に努めたい。

<参考文献>

- [1] Morelli, N., 2006, "Developing new product service systems (PSS): methodologies and operational tools", Journal of Cleaner Production, Vol. 14, pp.1495-1501.
- [2] Association for ESCO Business Introduction in Japan, 1998, Committee report for ESCO business introduction in Japan, Energy Conservation Centre Japan.
- [3] Press release of Green Power Certification Council, <http://eneken.ieej.or.jp/greenpower/eng/tem/p/04/01.pdf>
- [4] Alexander, Christopher; Sara Ishikawa, Murray Silverstein, Max Jacobson, Ingrid Fiksdahl-King, Shlomo Angel (1977). A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction. New York: Oxford University Press
- [5] Gamma, Erich; Richard Helm, Ralph Johnson, and John Vlissides (1995). Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley
- [6] John D. Sterman, Business Dynamics, McGraw-Hill, 2000

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 5 件)

Shinsuke Kondoh, Hitoshi Komoto, Yusuke Kishita, Nobuo Nakamura: Toward a pattern language for Eco-business design, International Journal of Automation Technology, 査読有, Vol.8-5, 2014, pp.706-715
Hitoshi Komoto, Shinsuke Kondoh, Keijiro Masui: Simulating the Formation of Urban Mines Considering the Rational Decisions of Distributed End-of-Life Stakeholders, International Journal of Automation Technology, 査読有, Vol.8-5, 2014, pp.653-663
Shinsuke Kondoh, Hitoshi Komoto, Yusuke Kishita, Shinichi Fukushige: Toward a sustainable business design:

a survey, Proceedia CIRP, 査読有, Vol 15, 2014, pp.367-372

Shinsuke Kondoh: A user classification method for sharable product focusing on its architecture, CIRP ANNALS - MANUFACTURING TECHNOLOGY, 査読有, Vol.62-1, 2013, pp.27-30

Hitoshi Komoto, Keijiro Masui: Quantitative scenario-based simulation of global business models for manufacturers, CIRP ANNALS - MANUFACTURING TECHNOLOGY, 査読有, Vol.62-1, 2013, pp.163-166

〔学会発表〕(計 14 件)

Shinsuke Kondoh, Hitoshi Komoto, Keijiro Masui: Mathematical formulation of urban mines design problem, EcoBalance 2014, 2014/10/30、茨城県つくば市

高本 仁志、近藤 伸亮、増井 慶次郎: リサイクルシステム設計のためのシナリオシミュレーション, エコデザイン・プロダクト&サービスシンポジウム、2014/07/30、東京・東京大学

高本 仁志、近藤 伸亮、増井 慶次郎: Life cycle modeling and simulation of consumer products in context of the development of urban mines, Ecodesign 2013, 2013/12/4-6、チェジュ島(韓国)
近藤 伸亮、高本 仁志、中村信夫、木下 祐介: Toward a Pattern Languages for Eco-business Design and Communication, 2013/12/4-6、チェジュ島(韓国)

近藤 伸亮、高本 仁志、松本 光崇、福重 真一、木下祐介、館野寿文、中村信夫、野間口大: 事例とシナリオモデリングに基づくエコビジネス設計・立案支援手法, Design シンポジウム 2012、2012/10/16、京都・京都大学

野間口大: 設計検証のための工学解析モデリングの知識管理フレームワーク、日本機械学会 2012 年次大会、2012/9/10-12、金沢・金沢大学

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)
該当無し

取得状況(計 0 件)
該当無し

〔その他〕

ホームページ等

<https://staff.aist.go.jp/kondou-shinsuke/research/sustainableBusiness/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

近藤 伸亮 (KONDOH, Shinsuke)
独立行政法人産業技術総合研究所・先進製造プロセス研究部門・主任研究員
研究者番号：40336516

(2) 研究分担者

福重 真一 (FUKUSHIGE, Shinichi)
大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授
研究者番号：10432527

舘野 寿丈 (TATENO, Toshitake)
産業技術大学院大学・産業技術研究科・准教授
研究者番号：30236559

野間口 (NOMAGUCHI, Yutaka)
大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授
研究者番号：90362657

(3) 連携研究者

高本 仁志 (KOMOTO, Hitoshi)
独立行政法人産業技術総合研究所・先進製造プロセス研究部門・主任研究員
研究者番号：30613244

松本 光崇 (MATSUMOTO, Mitsutaka)
独立行政法人産業技術総合研究所・サービス工学研究センター・主任研究員
研究者番号：00443226

木下 裕介 (KISHITA, Yusuke)
大阪大学・環境イノベーションデザイン研究センター・特任助教
研究者番号：60617158
(平成25年度より連携研究者)

(4) 研究協力者

中村 信夫 (NAKAMURA, Nobuo)