

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K18233

研究課題名（和文）SDGsを対象とした政策・戦略立案のためのロードマップ設計支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of Roadmap Design Support System to Plan Policies and Strategies for SDGs

研究代表者

木下 裕介（Kishita, Yusuke）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・准教授

研究者番号：60617158

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、持続可能社会を対象とした中長期的な戦略・政策の立案支援に向けた、ロードマップの設計支援システムの開発を目的とした。そのために、(A)既存のロードマップ事例の収集・分析、(B)ロードマップ設計支援手法・システムの開発、(C)ケーススタディの実施、という3つの研究課題に取り組んだ。

研究成果として、バックカスティングの考え方に基づくロードマップ設計手順と、ワークショップ（WS）中にロードマップの作成・定量評価を可能とするシステムを開発した点が挙げられる。民間企業との連携のもと、2050年カーボンニュートラルに向けたロードマップ作成のケーススタディを通して、提案手法の有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

既存のロードマップ法では、持続可能社会ビジョンと現在の接続が十分に考慮できていない、将来の不確実性に対応できない、ワークショップ（WS）中にロードマップの定量評価ができない、といった課題があった。これに対して、本研究ではバックカスティングとシナリオの考え方を組み合わせた新たなロードマップ設計手法を開発した。さらに、WS中にロードマップ作成と定量評価を支援するためのツールを開発した。これらの成果は、サステナビリティの文脈でのロードマップ研究の応用という観点で学術的意義がある。また、サステナビリティに向けた企業・自治体における戦略・政策立案を支援できるという点で社会的な意義も大きいと考える。

研究成果の概要（英文）：This research aimed to develop a roadmap design method and system to support mid- and long-term strategy and policy planning toward sustainable society. Three research tasks were formulated, i.e., (1) collecting and analyzing existing roadmap practice, (2) developing a roadmap design method and system, (3) conducting case studies.

The research outcomes include the procedure for designing roadmaps by drawing on backcasting and the system to support roadmap development and quantitative assessment during workshops. In collaboration with a private company, the effectiveness of the proposed method was confirmed, where a case study of roadmap development for carbon neutrality in 2050 was carried out.

研究分野：シナリオ設計、ライフサイクル工学、設計工学

キーワード：ロードマップ バックカスティング サステナビリティ カーボンニュートラル 定量評価

### 1. 研究開始当初の背景

Sustainable Development Goals (SDGs)の世界的な広まりにともない、企業や自治体ではサステナビリティに向けた中長期的な戦略・政策の具体的な立案が求められるようになってきた。しかし、目指すべきビジョンやその実現方を明確化することは決して容易でない。他方、ビジョンの実現に向けて戦略・政策を立案するためのツールとして、ロードマップ法が研究されてきた[1]。日本では、経産省が作成してきた技術戦略マップ[2]が有名である。図1に示すように、ロードマップは年表形式で様々なイベント(技術開発、ビジネスモデルの開発、消費者ニーズの変化、経済情勢の変化など)どうしの関係を時間軸に沿って可視化できる。ロードマップの表現形式は様々あるが、市場、製品・ビジネス、技術の3つのレイヤーに分けた図1の形式を用いた場合、企業や自治体が制御できない外部環境と制御可能な内部環境を明示的に区別できる。

ロードマップは直観的に理解しやすい表現形式である点に特長があるが、その作成方法は暗黙的であり、十分に形式化されていない。そこで、本研究課題の問いを「SDGsを対象とした戦略・政策を立案するとき、効果的なロードマップの作成方法はどうか」とした。

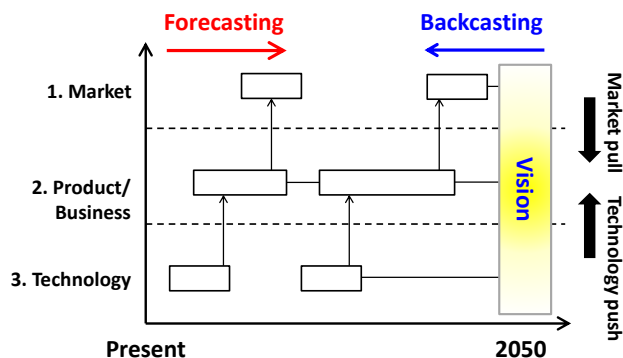


図1 ロードマップ法(roadmapping)のイメージ [Phaal et al. (2004)[1]をもとに研究代表者が作成]

### 2. 研究の目的

上記の研究課題に対して、本研究ではロードマップ法(roadmapping)を用いることによって、将来ビジョンと現在をつなぐための道筋(transition)の設計を支援するための手法を提案することを目的とした。ロードマップ法は様々なイベントの一連の流れを時系列に並べることで視覚的に理解しやすい特徴がある一方、将来の不確実性による影響を十分に考慮することができないという問題がある。本研究ではこの問題を解決するため、起こりうる複数の将来状況を描くシナリオ(scenarios)の考え方を組み込んだロードマップ設計支援システムを開発し、企業や自治体などが戦略や政策を検討する場合のPDCA(Plan-Do-Check-Act)サイクルの活性化・効率化に資する手法とツールの提供を目指した。

### 3. 研究の方法

本研究では、(A) 事例の収集・分析、(B) ロードマップ設計支援手法・システムの開発、(C) ケーススタディの実施、という3つの課題を設定した。

(A)では、方法論検討のために国内外の様々なロードマップならびにロードマップ作成手法に関する事例を、文献調査と専門家(大学研究者)へのインタビュー調査により収集した。これは、英国・ケンブリッジ大学の研究者と共同で実施した。(B)では、Courtneyら[3]による将来の不確実性に対する分類を参考にしながら、ロードマップ設計方法にシナリオの考え方を組み合わせた手法を提案した。さらに、ワークショップ(WS)中にロードマップの定量評価を可能とするために、ロードマップと定量評価モデルを接続する方法を検討した。(C)では、提案手法の有効性を検証するために、日本機械学会技術ロードマップ委員会および民間企業と連携したケーススタディを実施した。

### 4. 研究成果

様々な既存研究の文献調査結果から、(1)ロードマップの作成では多様なアイデアを創出することを目的として、ステークホルダーや専門家を集めたワークショップ形式で行われることが多い、(2)既存研究ではロードマップをフォアキャスト的に作成する 경우가多く、持続可能社会ビジョンを取り入れたロードマップの作成方法はほとんど開発されていない、(3)ロードマップ法では反復的なプロセスによってロードマップを詳細化するとされているものの、詳細化のための分析や評価を含むロードマップ作成の手順は十分に体系化されていない、という3点が明らかとなった[4]。

上記の(2)、(3)に対するアプローチとして、本研究ではバックキャストを用いたロードマップ設計支援手法を提案した[4]。すなわち、バックキャストの考え方にに基づき、ロードマップ設計をビジョン作成とパス作成の2段階に分けた(図2参照)。現在とビジョンのギャップを埋めるための発想を促すために、パス作成をベースラインシナリオの作成と、ベースライ

シナリオで描いた将来とビジョンのギャップを埋める上で最も重要な方策を描くクリティカルパスの作成の2段階に分けた。日本機械学会技術ロードマップ委員会の協力のもと、図2の手法を用いて2050年持続可能なものづくりに向けたロードマップを作成し、提案手法の有効性を検証した。

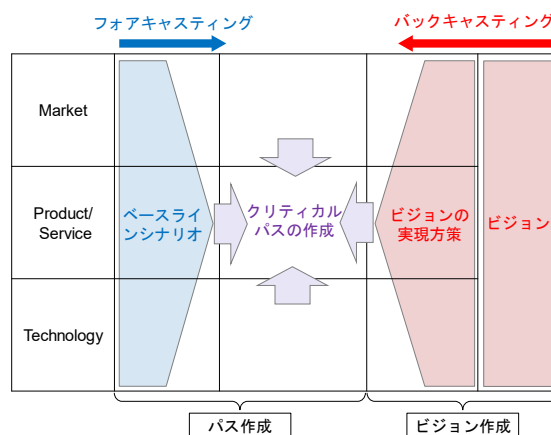


図2 バックキャスト型ロードマップの設計手順[4]

その結果、提案手法には一定の有効性が認められる一方で、(i) 提案手法では将来の不確実性に十分対応できないこと、(ii) ワークショップ (WS) 中にロードマップの定量評価ができないこと、という2つの課題をさらに抽出することができた。そこで、本研究ではさらに手法を拡張し、ロードマップ上に複数ストーリーを記述できるようにするとともに、ロードマップと定量評価モデルを接続した(図3参照)。ここでは、オンラインWSに対応したロードマップの作成ならびに定量評価を支援するために、SharpCloudなどのデジタルプラットフォームを用いたロードマップ設計支援システムを開発した。図3の手法の有効性を検証するためのケーススタディとして、日本の自動車部品メーカーとともに2050年カーボンニュートラルに向けたロードマップを作成した。そこでは、派生ストーリーを作成するための分岐点として、「エネルギー技術の変化」と「ビジネスモデル・組織体制の転換」の2つを抽出した。各シナリオ・ストーリーに対する定量評価の結果から、なりゆき型のビジネスを想定したベースラインシナリオのもとでカーボンニュートラルを達成しようとする、CO2排出量以外のKPI(key performance indicators)に対して負の影響が大きくなり、達成へのリスクを伴うことが示唆された[5]。

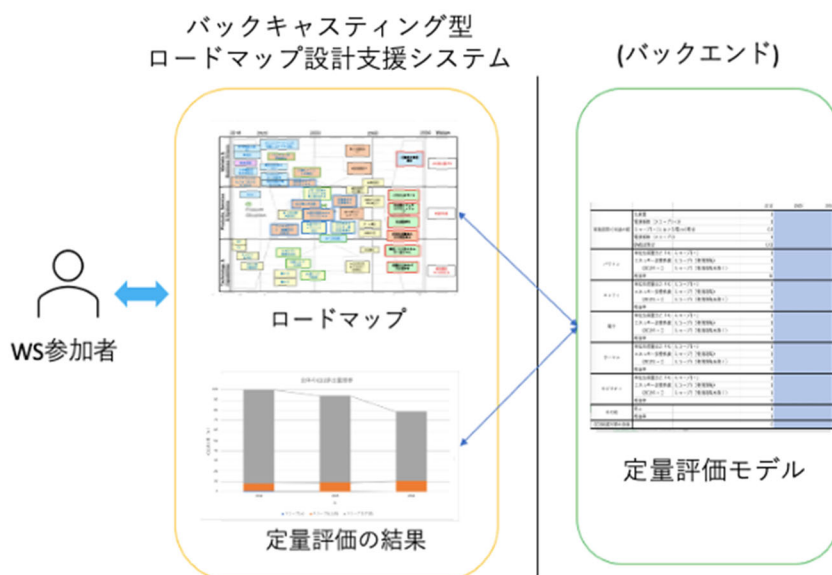


図3 定量評価におけるシステムの利用[5]

以上のように、本研究ではバックキャストの考え方に基づいたロードマップ設計支援手法ならびにそれを実装したシステムを開発し、最終的に当初の研究目的を達成することができた。

## 参考文献

- [1] Phaal, R., Farrukh, C.J.P., Probert, D.R., “Technology Roadmapping: A Planning Framework for Evolution and Revolution”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 71, No. 1-2 (2004), pp. 5-26.
- [2] 経済産業省, 技術戦略マップ,  
[http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu\\_kakushin/kenkyu\\_kaihatu/str-top.html](http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str-top.html)
- [3] Courtney, H., Kirkland, J., Viguerie, P. (1997) *Strategy under uncertainty*, Harvard Business Review, 75(6), 66-79.
- [4] Okada, Y., Kishita, Y., Nomaguchi, Y., Yano, T., Ohtomi, K., “Backcasting-based Method for Designing Roadmaps to Achieve a Sustainable Future,” *IEEE Transactions on Engineering Management*, doi:10.1109/TEM.2020.3008444.
- [5] 廣田貴光, 木下裕介, Phaal Robert, 中野辰大, 田中準人, 磯貝俊樹, 梅田靖, 自動車産業の脱炭素ビジョン実現に向けたバックキャスティング型ロードマップ設計手法の適用, 第16回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, (2021), pp. 66-68.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Nakatsuka Noriaki, Kishita Yusuke, Kurafuchi Tatsuya, Akamatsu Fumiteru	4. 巻 243
2. 論文標題 Integrating wastewater treatment and incineration plants for energy-efficient urban biomass utilization: A life cycle analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Cleaner Production	6. 最初と最後の頁 118448 ~ 118448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jclepro.2019.118448	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Aoki Kazumasu, Kishita Yusuke, Nakamura Hidenori, Masuda Takuma	4. 巻 -
2. 論文標題 The Use of Backcasting to Promote Urban Transformation to Sustainability: The Case of Toyama City, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Managing Socio-ecological Production Landscapes and Seascapes for Sustainable Communities in Asia	6. 最初と最後の頁 45 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-1133-2_4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Okada Yuki, Kishita Yusuke, Nomaguchi Yutaka, Yano Tomoaki, Ohtomi Koichi	4. 巻 n/a
2. 論文標題 Backcasting-Based Method for Designing Roadmaps to Achieve a Sustainable Future	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Engineering Management	6. 最初と最後の頁 1 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TEM.2020.3008444	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Uwasu Michinori, Kishita Yusuke, Hara Keishiro, Nomaguchi Yutaka	4. 巻 12
2. 論文標題 Citizen-Participatory Scenario Design Methodology with Future Design Approach: A Case Study of Visioning of a Low-Carbon Society in Suita City, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 4746 ~ 4746
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su12114746	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kishita Yusuke, Mizuno Yuji, Fukushige Shinichi, Umeda Yasushi	4. 巻 160
2. 論文標題 Scenario structuring methodology for computer-aided scenario design: An application to envisioning sustainable futures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Technological Forecasting and Social Change	6. 最初と最後の頁 120207 ~ 120207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.techfore.2020.120207	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kishita Yusuke, Kusaka Toshiki, Mizuno Yuji, Umeda Yasushi	4. 巻 n/a
2. 論文標題 Toward theory development in futures and foresight by drawing on design theory: A commentary on Fergnani and Chermack 2021	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 FUTURES & FORESIGHT SCIENCE	6. 最初と最後の頁 e91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ffo2.91	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計11件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Noriaki Nakatsuka, Yusuke Kishita, Fumiteru Akamatsu
2. 発表標題 Dynamic Simulation of Woody Biomass Co-generation System Considering Time-varying Heat Demand: A Japanese Community Bathhouse Case Study
3. 学会等名 EcoDesign 2019: The 11th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Okada, Yusuke Kishita, Robert Phaal, Yutaka Nomaguchi, Tomoaki Yano, Koichi Ohtomi
2. 発表標題 Supporting Roadmap Design for Sustainable Futures Using Backcasting
3. 学会等名 EcoDesign 2019: The 11th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Kishita
2. 発表標題 Scenario design and backcasting for sustainable futures: Theory and practice
3. 学会等名 The future of mobility through the prism of the backcasting approach, JRC Ispra (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yusuke Kishita, Ayumi Isoda, Yasushi Umeda
2. 発表標題 Framework of Participatory Scenario Design for Sustainable Consumption and Production
3. 学会等名 EcoDesign 2019: The 11th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke Kishita, Robert Phaal, Yuki Okada, Yutaka Nomaguchi, Tomoaki Yano, Koichi Otomi
2. 発表標題 Integrating Backcasting into the Roadmap Design Process for Future Manufacturing: A Japanese Case Study
3. 学会等名 Scenario Planning and Foresight 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yusuke Kishita, Ahmad Fariz Mohamad, Michikazu Kojima, Eri Amasawa, Benjamin McLellan, Ayumi Isoda, Yasushi Umeda
2. 発表標題 Future Scenarios of Sustainable Consumption and Production: Comparative Analysis of Expert Workshops in Japan and Malaysia
3. 学会等名 CARE Innovation 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木下裕介, 磯田歩美, 小島道一, 松本光崇, 梅田靖
2. 発表標題 専門家ワークショップを用いた持続可能な消費と生産の将来シナリオ作成
3. 学会等名 エコデザイン・プロダクツ&サービスシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木下裕介, 本元俊行, 上須道徳, 野間口大, 原圭史郎
2. 発表標題 自治体スケールのエネルギービジョンを対象としたフューチャー・デザイン
3. 学会等名 第37回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集(国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木下裕介
2. 発表標題 2050年のものづくりに向けたロードマップ作成手法
3. 学会等名 日本機械学会2018年度年次大会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田有希, 中野辰大, 磯貝俊樹, 田中準人, 木下裕介
2. 発表標題 製造業の脱炭素ビジョンに向けたバックカスティング型ロードマップ設計支援手法の開発
3. 学会等名 第15回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 廣田貴光, 木下裕介, Phaal Robert, 中野辰大, 田中準人, 磯貝俊樹, 梅田靖
2. 発表標題 自動車産業の脱炭素ビジョン実現に向けたバックキャスト型ロードマップ設計手法の適用
3. 学会等名 第16回日本LCA学会研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

木下研究室 <a href="http://www.susdesign.t.u-tokyo.ac.jp/kishitalab/">http://www.susdesign.t.u-tokyo.ac.jp/kishitalab/</a>
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------