

循環型社会のための製品を横断した構造共通化デザインの提案

Cross-Product Common Structure Design for Circular Society

○小山田圭吾 (SOLIZE 株式会社 SOLIZE テクノロジーラボ) *1

*1 Keigo OYAMADA, SOLIZE Corporation, 7-10-1, Chuurinkan, Yamato-shi, Kanagawa, 242-0007, keigo.oyamada@solize.com

キーワード: 構造共通化, 部品リユース, 資源循環

1. 緒 言

循環型社会構築のため、資源循環を前提としたものづくりの必要性が高まっている。資源循環の手段の中でもリサイクル（再資源化）は広く知られており、社会的な取り組みが拡大しているが、部品リユース（再使用）については社会的な取り組みはそれほど多くない。一般的に工業製品はその製品専用に設計されている都合上、使われている部品もその製品専用の部品であるため、部品リユースに取り組みたくても製品種類が異なるとリユースすることは難しい。実際、特定の製品では、新旧製品やシリーズ製品内での部品リユースの取り組みが行われているが⁽¹⁾⁻⁽³⁾、用途が異なる製品同士の部品リユースはほとんど行われていない。

本研究では、部品リユースによる資源循環の拡大を目的とし、その手段の一つとして、製品を横断した構造共通化デザインによるものづくりを提案する。

本報告では、まず構造共通化デザインの方法とそれによる資源循環の構想を説明し、次に本方法論を用いたものづくりの初期検証として、車輪付き製品を対象とした製品サンプルの試作結果について紹介する。

2. 構造共通化デザインによる資源循環の構想

図1に、製品を横断した構造共通化デザインによる資源循環（部品循環）の構想を示す。製品ライフサイクルにおける製造段階では、製品を横断した共通構造と製品固有の専用部品を組み合わせることで、それぞれの製品が作られる。共通構造を作るための部品は、可能な限り汎用材料・汎用部品で作ることでリユース性を広げる。専用部品は、可能な限り地域資源（天然材料）で作ることで循環性を高める。また、ここで作られる製品は分解可能な構造とする。使用段階が終わると製品が回収され、部品へと分解される。検査により部品寿命に到達していないものはリユースされ、次の製品製造（製造段階）や製品修理（使用段階）に再び使用される。

製品を横断して共通化構造とすることで、リユース部品の流通を増やすことができる。さらに共通構造が汎用部品で作られていれば、より多用途にリユースできる。

このように、構造共通化デザインは単なる構造共通化の具体的な手法に留まるのではなく、部品リユースを前提とした資源循環型のものづくりを包含する方法論である。

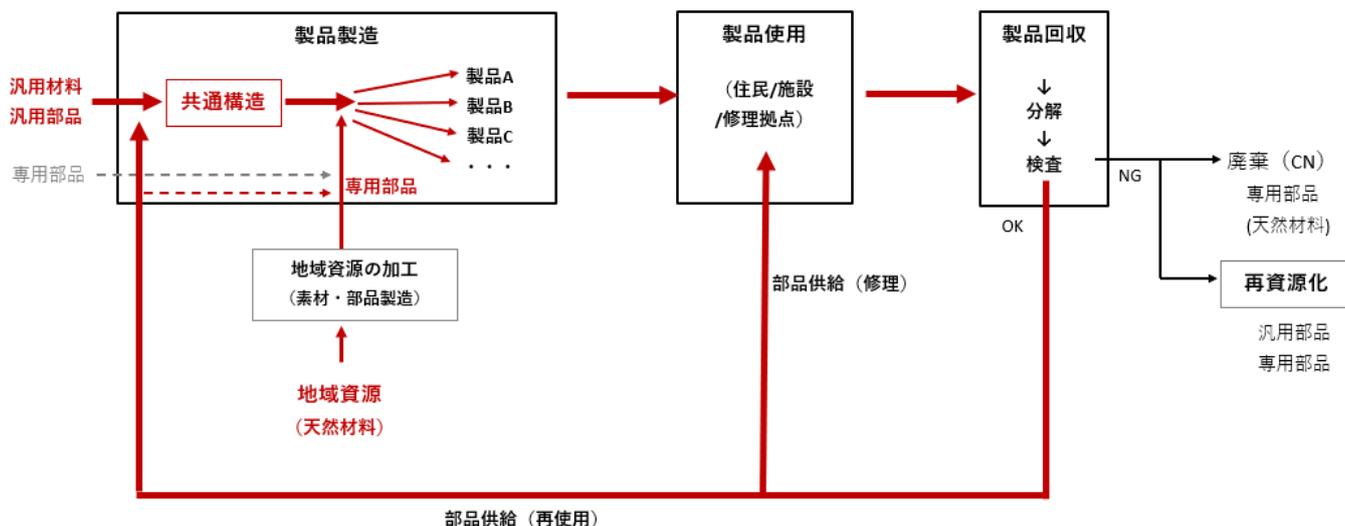


図1 製品を横断した構造共通化デザインによるリユース部品循環の構想

3. 構造共通化デザインの方法と実施例

3.1. 構造共通化デザインの方法

構造共通化デザインは、次の6つのステップで構成されたフレームワークとして設定する。

- ① 対象とする製品群の構造要素を抽出する
- ② 各構造要素の特性をもとに製品をグループ化する
- ③ グループ間の関係性を階層構造化し整理する
- ④ 階層構造から構造共通化の範囲を決定する
- ⑤ 共通構造を設計する（汎用部品、分解可能構造で）
- ⑥ 製品専用部位を設計する（木材など天然材料で）

ステップ①～③は、多空間発想法（M-BAR）⁽⁴⁾のフレームワークを参考とし、形状の整理へと応用した。ステップ④は、階層構造をもとに、対象とした製品群のどの範囲までを構造共通化デザインの対象とするかを定めるステップであり、実施者が判断する。ステップ⑤⑥は、実際に使用する部品を想定した共通構造と製品専用部位の設計を行うステップで、図1の構想を含める。つまり、共通構造にはなるべく汎用的な形状の部品を使用し、なおかつ分解可能な構造であること、製品専用部位には可能な限り木材など循環性の高い材料を使用することが設計要件となる。

3.2. 構造共通化デザインの実施例

構造共通化デザインを適用して製品設計トライアルを行った。対象製品として、使用するライフステージが限定された車輪付きフレーム構造製品である、ベビーカー、シルバーカー、歩行車、自走式車椅子、介助用車椅子を選定した。対象製品は、各メーカーの製品カタログ等から任意の製品を選び、製品情報を得た。

ステップ①～③を経て階層構造化を行った状態を図2に示す。①構造要素の抽出では、各製品の仕様およびフレーム構造の調査から、構造要素として車輪径、ハンドル位置、シート用途を抽出した。なお、ここでは折りたたみ機構については対象外とした。②グループ化では、車輪径が同径で成立するかどうか、ハンドルが後輪軸よりも後方にあるかどうかなどにより、構造要素を分類した。③階層構造化は、②のグループを階層構造に並べ直すことで行った。

ステップ④では、構造共通化する範囲を決定する。今回は製品サンプルの試作検証まで行うことを想定し、共通部の設計変更が少ないベビーカー、シルバーカー、介助用車椅子の3製品を構造共通化の対象として決定した。なお、範囲外とした歩行車はハンドル位置を変更する必要があり、自走用車椅子は車輪を付け替える必要があるため、設計変更の程度が大きいと判断した。

ステップ⑤⑥では、構造共通化する製品を対象に、共通構造、製品専用部位を設計し、両者を組み合わせることで製品としての設計を完成させる。図2に基づき、共通構造として車輪4輪（同一径）、座面、ハンドルを設計し、用途に合わせて補強を追加的に行う構造とした。今回は汎用部品であるアルミ角パイプ材をフレーム材料として、分解可能なボルト締結を想定して設計を行った。製品専用部位としては、各製品に合わせたシート形状（座面、背もたれ）、シルバーカー特有の買い物カゴや介助用車椅子専用のフットプレートなどがある。今回は天然材料の一種である木材を対象として設計した。なお、今回は構造共通化の成立性

の検証であるため、製品固有の性能要件は設計対象外とした。本方法論に基づき設計した結果を図3に示す。

4. 構造共通化デザインに基づく製品試作検証

3.2.で設計した製品サンプルの試作検証を行った。共通構造部のフレーム構造には、汎用部品として市販のアルミ角パイプ、アルミ板材、各種ネジを使用した。ハンドルには市販品である木製の手すりを利用した。また、製品専用部位には天然資源である木材を使用した。今回の試作では、後述する地域での製作を実現可能とすることを考慮し、材料はすべてホームセンターで調達したものを使用し、加工手段もホームセンターで入手できる電動工具や手動工具を使用した。実際に試作した製品サンプルを図4に示す。一部、図3の設計と異なる部位があるが、試作時に再検討し

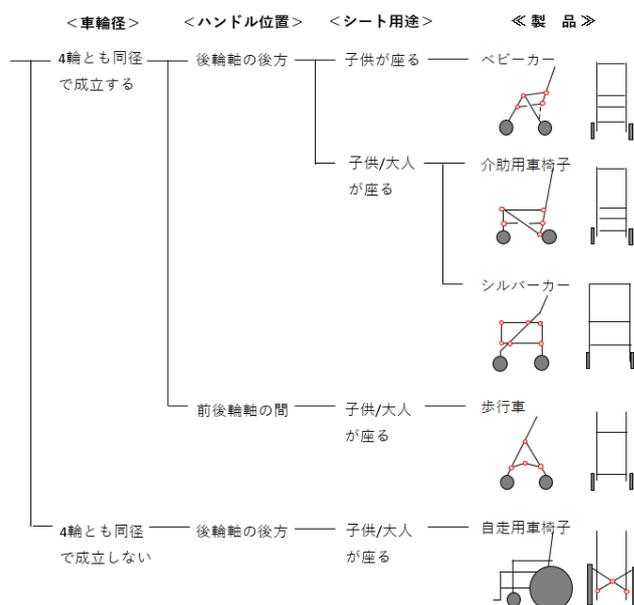


図2 車輪付き製品の階層構造化

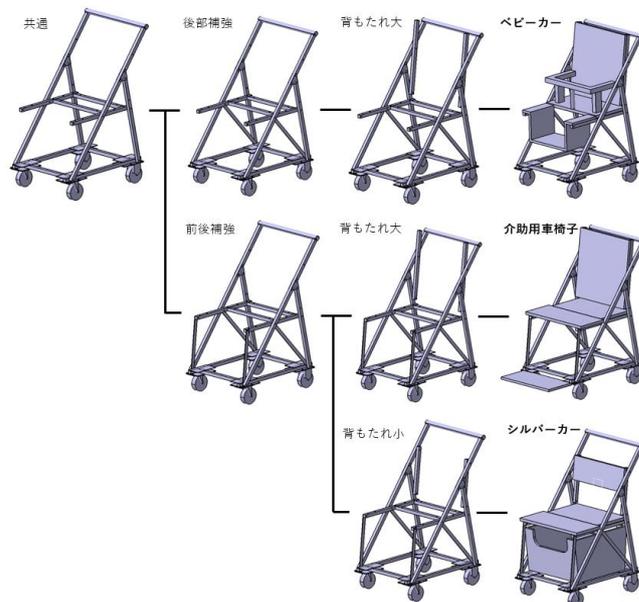


図3 共通構造と製品専用部位の設計

た部位である。また、製作後に他の製品への派生も検討した。共通構造から追加試作した製品サンプルを図5に示す。

実際製作すると、多少の製作誤差はあるものの、構造共通化デザインに基づく製品を製作することができた。また図1の構想で想定した通り、共通構造部はそのままに、専用部分を交換することで他製品に組み替えることができ、構造共通化デザインの一連の成立性が確認できた。

5. 構造共通化デザインの適用シナリオの考察

構造共通化デザインの設計・試作検証により、製品を横断した構造共通化の成立性が確認できた。一方で、現在の製造業界では、企業は特定の製品の製造に特化していることがほとんどであるという現実がある。従って本方法論を社会で適用するための仕組み作りについても検討する必要がある。本方法論を適用した社会の姿として、ここでは2つのシナリオを採り上げ考察する。



図4 試作した製品サンプル（左上：フレーム，右上：ペビーカー，左下：介助用車椅子，右下：シルバーカー）



図5 追加試作した製品サンプル（左：台車，右：椅子）

1 つ目は、企業の資源循環への関心が高まり、共通構造を適用して複数種類の製品を製造する企業、あるいは共通構造と脱着式専用部品との組み合わせによる多用途製品を製造する企業が現れる場合である。これにより、リユース部品の循環拡大につながる程度の部品流通量を確保できる可能性はある。しかし、製品を回収して部品を循環させる仕組みまでを企業単独で構築するのは難しく、複数企業間での連携や自治体との連携による長期的な取り組みが必要になることが予想される。

2 つ目は、持続可能な社会づくりを地域や組織が自主的に進めるための手段とする場合である。本方法論の構想では、製品を横断して構造共通化を行い、それを可能な限り汎用部品で製作し、使用後はリユースする。そのため、設備投資などの初期投資が不要であり、コスト削減のための大量生産は必要ではない。従って、従来の大量生産大量消費型のものづくりからの脱却につながる。この特徴を活かし、地域や組織の課題解決を踏まえた製品づくりに取り組むことで、環境性と地域課題の双方の解決に貢献できる可能性がある。たとえば、製品専用部位に地域の天然資源を用いることで、地域資源の有効活用につながる。このように、本方法論は、地域や組織との親和性が高いと考えられる。

以上、方法論の適用として2種類のシナリオを考察した結果、後者の地域や組織での取り組みへの適用がより現実的と考えられるため、今後は地域課題解決のための製品の検討および実証を行いながら地域内の資源循環の仕組み作りについて検討する。また、本方法論を適用したのものづくりによる環境負荷低減効果⁽⁶⁾についても検証を進める。

6. 結 言

循環型社会構築の観点から、部品リユースの拡大を目的として製品を横断した構造共通化デザインを提案し、その方法と実施、試作例を示し、新たなものづくりのあり方について考察した。今後は本提案を用いて地域課題解決のための製品を試作し、実証実験により本方法論による資源循環の実現性の検証を進める。

文 献

- (1) 光宗倫彦, 加藤悟, 木村文彦: 製品ファミリー間での部品リユースを含む循環サプライチェーンの分析, 2004年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 461 - 462, 2004
- (2) 藤田大智, 奥村進, 橋本宣慶: 部品リユースを伴う循環型製品の生産計画に関する研究, 2018年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.795 - 796, 2018
- (3) 柴崎敏典: インバース・マニファクチャリングを支える技術と部品リユース量の拡大, 2020年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.313 - 314, 2020
- (4) 松岡由幸, 加藤健郎, 佐藤弘喜, 佐藤浩一郎: デザイン科学概論, 慶応義塾大学出版会, 46-53, 2018
- (5) 小山田圭吾: 地域循環のための部品汎用化による部品リユースを前提としたものづくり手法の検討, 2023年度精密工学会秋季大会学術講演会, 392-393, 2023