

CVTユニットシステム開発の革新とプロジェクト適用

金田 武*

横田 徹**

抄 録

自動車への性能要求の高まりを受けて、CVTユニット開発への要求も複雑化している。また多くのトレードオフを抱えており手戻りのない開発を行うことが難しくなっている。これに対してジヤトコは、Quality Function Deploymentを応用したシステム・アーキテクチャ分析手法を構築した⁽¹⁾。

これを実際のプロジェクトに適用し、開発を完了させる上で抽出された課題やその対応策について紹介する。

1. はじめに

近年の新規CVTユニット開発においては、車両衝突安全性要求の厳格化に伴うユニットの小型化要求や、排ガス改善および燃費向上要求の高まりにより、開発への要求が多様化・複雑化している。このような状況下で、従来の手法では開発を円滑に進めることが困難になってきている。これに対処するために、システムズエンジニアリング（以下、SE）の手法⁽²⁾を導入し、車両全体、パワートレイン、CVTを鳥瞰的に捉えた開発を行うことで、手戻りのない円滑な開発プロセスを実現し、量産化に成功した事例を紹介する。

2. 実プロジェクト適用時の課題

新規CVTユニット開発を円滑に進めるためには、SEのVプロセスに沿った開発を行っていく必要がある。その中でも最初のプロセスである車両要求からユニット要求へ落とし込んでいくシステム設計が重要で、その成否の影響は下流の全ての工程に及ぶ（Fig. 1）。したがって、システム設計の最終関門である課題審議（デザインレビュー）において抜け漏れなく課題を出し要求を割りつけられるかどうかが開発品質のキーポイントとなる。

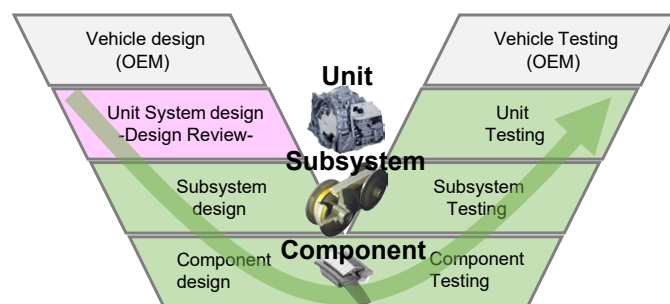


Fig. 1 V-shaped development process

システム設計段階においては、変更点の把握→課題の抽出→課題検討→デザインレビューに至るまでの一連のプロセスが重要である（Fig. 2）。

以下、要求影響伝播マトリックスを実プロジェクトに適用するにあたって、各プロセスで発生した課題とその解決策を示す。

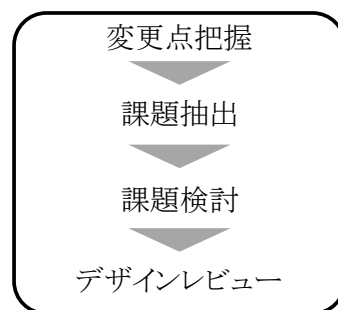


Fig. 2 The system design process until the design review

2.1 変更点の把握

プロジェクトを進めるにあたって、変更点の把握は重要なステップである。要求影響伝播マトリックスを活用することで、要求項目の網羅性を確保することが可能となったが、これは入力情報（顧客要求）である変更点が明確になっていることが前提である。しかし、実際のプロジェクト適用においては、以下のような課題が発生した。

2.1.1 要求の把握における課題

顧客要求の中で要求項目が不足していたり、要求項目はあるが要求値が未定だったりするものがあつた。これに対して、要求管理ツールを導入し、開発に必要な性能要求項目を当社で自ら設定し、顧客にその要求項目の目標値を提示していただくことで項目の抜け漏れを防止した。また、合意した当事者とその日時を明記しコミュニケーション不足による認識の相違も防止した。

車両要求からユニット要求，ユニット要求からサブシステム要求への割り付けについても，計画図体系（Fig. 3）を整備して，各階層のRFL（Requirements - Function - Logic）を計画図でやり取りすることにより割り付けが不明確になることを防止した。

2.1.2 仕様の把握における課題

開発初期段階では性能要求から仕様を決定するため変更点の把握が容易であったが，開発後期には生産要求，サプライヤ要求，コスト目標，重量目標達成のために仕様変更が頻発し，変更点の把握漏れが発生しやすくなった。これに対しては，図面ベースでの変更点把握・リスト化を出図プロセスに導入し，変更点のチェックを行うゲートを追加することで解決した（Fig. 4）。

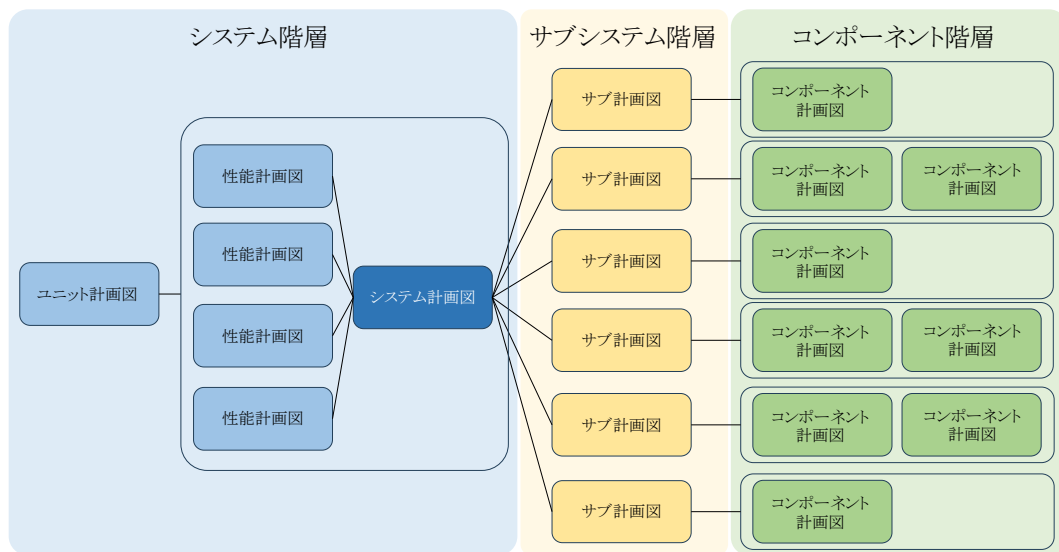


Fig. 3 The framework of planning drawings

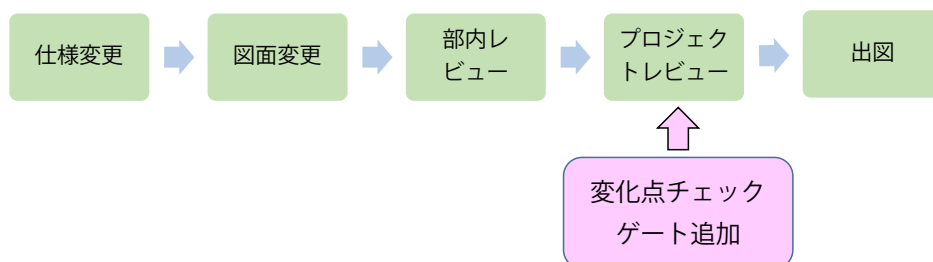


Fig. 4 Improving the drawing process

2.2 変更点に対する課題抽出

要求影響伝播マトリックスを活用することで、変更点に対する影響を漏れなく抽出することが可能となった。これにより、知見者からの課題抽出が効率的に行われ、個人能力のバラつきによる抜け漏れを防止することができた。しかし実際にプロジェクト適用していく中で、以下の課題が顕在化した。

2.2.1 情報更新遅れによる課題抽出不足

要求影響伝播マトリックスの課題抽出は、既存のCVTシステム構成による課題抽出であり、新規システム導入に伴う課題や他機種の仕様変更の水平展開などの情報更新遅れにより抽出課題を網羅できないことがあった。

これに対して、変更点と要求影響伝播マトリックスから抽出した項目をベースとして、各機能設計で最新情報を基に課題の追加有無を検討するプロセス（Fig. 5）を導入した。これにより抜け漏れ防止と要求影響伝播マトリックスの定期的な最新化が実現できた。

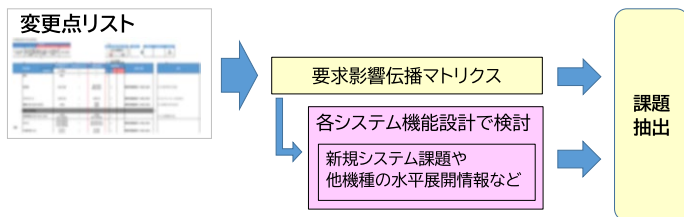


Fig. 5 The issue extraction process

2.2.2 課題の過剰抽出

要求影響伝播マトリックスは、課題抽出の抜け漏れを防止する目的で一般的に影響しそうな項目をすべて抽出できるようにしていた。このため、抽出した項目数が膨大になり、この後の課題検討に必要なリソースが過大になる懸念が発生した。これに対しては要求影響伝播マトリックスから抽出された項目の中から、各設計部署が明らかに性能に影響しない変更であると判断したものは除外した。これにより抽出項目が膨大になることを防止し、重要な課題検討の時間を確保することができた。

2.3 課題検討

抽出された課題について各機能設計で課題検討を進め仕様を決定していく。このとき、機能間のトレードオフに対して要求調停が必要であり、仕様決定の順番が不適切な場合には大規模な手戻りが発生していた。

これに対して要求影響伝播マトリックスを用いて、設計順の織り込み(主要諸元の抽出)、トレードオフの可視化、システム・アーキテクチャの複雑さの数値評価を行った(インターフェーススコア)。これにより、優先度が高いものを明確にし、効率的にトレードオフを解決することができた。

具体的には、変更点に対するトレードオフとなる要求項目を把握し、その複雑性を数値化することで、他の変更点と比較することが可能となった。また、複雑性と主要諸元や搭載性への影響の大きさの2軸で評価して検討の優先順位をつけて課題検討する事で、複雑なトレードオフを効率的に解決することができた（Fig. 6）。

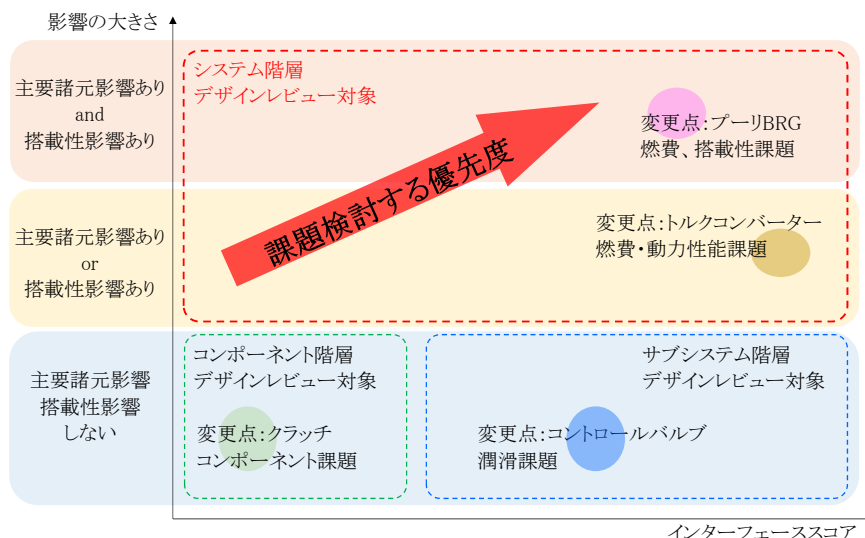


Fig. 6 Implementation of an Interface Score (Priority of issue study)

2.4 課題検討の審議

今回のプロジェクトでは、要求影響伝播マトリックスの課題抽出によるシステム課題有無と、インターフェーススコアと主要諸元や搭載性への影響の大きさの2軸での評価に基づいて、デザインレビューの審議先を割り振った。これにより重要課題の審議に集中することができた (Fig. 7)。

2.5 実際のプロジェクト開発適用事例

実際のプロジェクト開発適用事例を下記①から⑤にて説明する (Fig. 8)。

- ① 開発途中でCVTの基幹部品の一つであるベルトで大きな仕様変更が発生した。
- ② ①を受けて、システム課題抽出を行った。要求影響伝播マトリックスより、最重要課題かつ搭載性へ影響可能性が高い燃費、動力（全開発進）を優先度1として取り組み、他の課題は燃費、動力性能解決後に取り組むことを決めた。

- ③ その燃費、動力性能を確保するためにはレシオカバレッジ拡大が必要であることが分かった。レシオカバレッジ拡大のためには、CVTのもう一つの基幹部品であるプーリ設計変更が必要になった。
- ④ ③を受けて再度システム課題抽出を行った。要求影響伝播マトリックス+②のその他課題+優先度づけより、プーリ強度耐久性を新優先度1に、搭載性、動力（最高速）、運転性課題を新優先度2と設定し直した。
- ⑤ ④で抽出した課題のシステム影響の大きさに応じて各審議先を決定した。

以上により、実プロジェクトにおいて、課題の重要度に応じて必要な審議に集中することが可能になった。

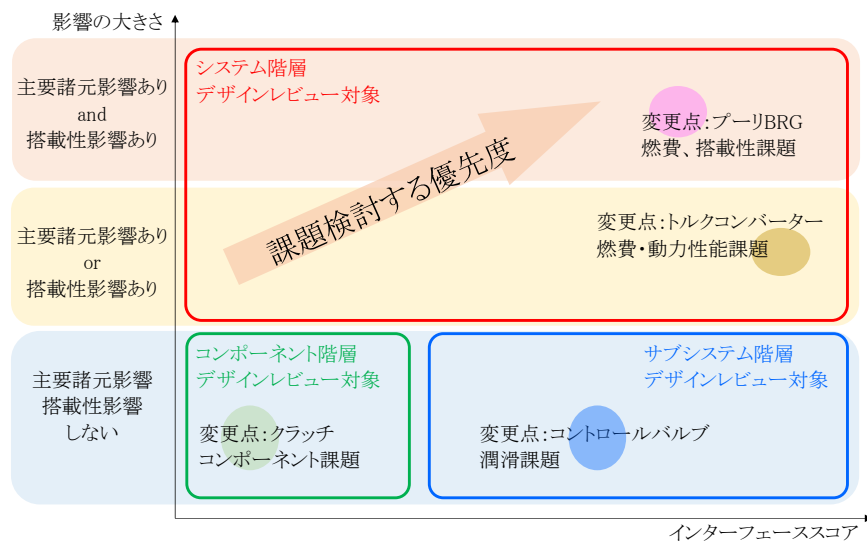
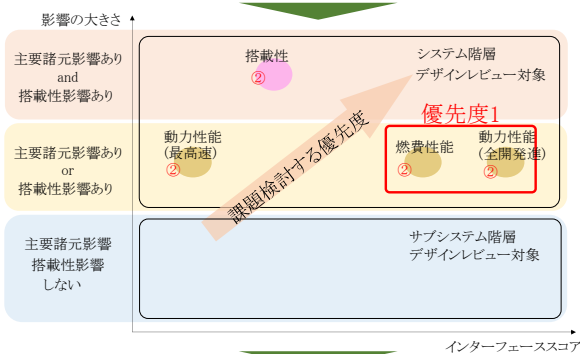


Fig. 7 Implementation of an Interface Score (Decide review level)

		CVTシステム 機能要求		CVTシステム性能要求				
		駆動力伝達機能	搭載性	燃費性能	動力性能		運転性	
		強度耐久信頼性	基本寸法	TMロスエネルギー	全開発達	最高速	セレクトショック	PT共振
②：①を受けてシステム課題抽出		CVTシステム性能要求						
要求・要件項目		相関関係						
CVT 基本諸元	レシカバ			背反	背反			
	①変更							
	最Lowレシオ			背反	背反	背反		有利
	①変更							
	最Highレシオ			背反	背反			
	①変更			背反	背反		背反	
ブーリ受圧面積								
ブーリ軸径								



④：③を受けてのシステム課題抽出

要求・要件項目		CVTシステム性能要求						
CVT 基本諸元	要求・要件項目	CVTシステム機能要求		CVTシステム性能要求				
		駆動力伝達機能	搭載性	燃費性能	動力性能	運転性		
		強度耐久信頼性	基本寸法	TMロスエネルギー	全開発達	最高速	セレクトショック	PT共振
レシカバ ③変更				有利	有利			
最Lowレシオ ③変更			背反	有利	有利		背反	
最Highレシオ ③変更			背反	有利				
ブーリア受圧面積 ③変更				有利	有利			背反
ブーリア軸径 ③変更		背反		有利	有利			

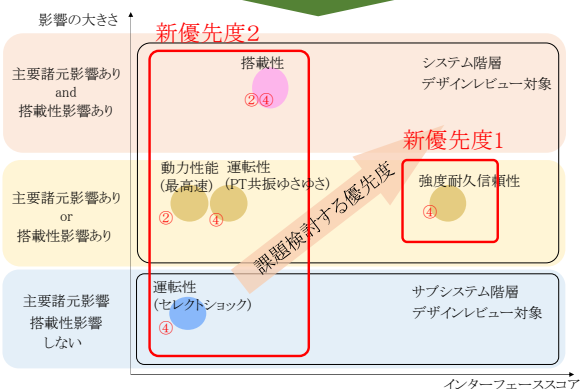


Fig. 8 Case study of project application

3. システム検討の改革の成果

本稿で紹介した手法を適用したプロジェクトは、ユニットサイズ小型化により適用車種のNCAP5star獲得に貢献し、燃費動力性能向上に貢献するレシオカバレッジを前型比13%拡大した (Fig. 9)。

また開発費は前型比で約14%削減することができた。

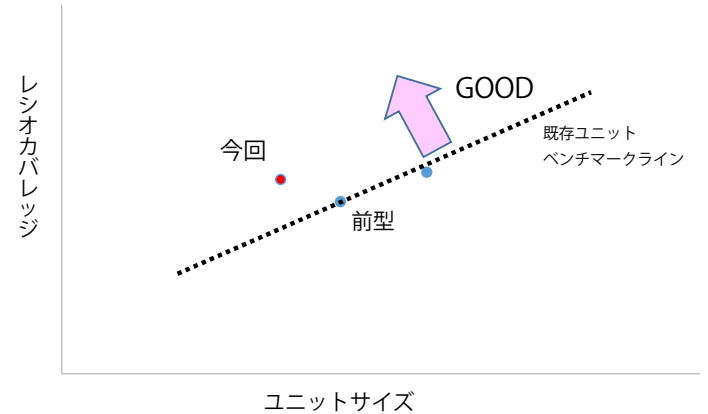


Fig. 9 Ratio coverage vs. Unit size

4. 考察

本稿で実現させた革新的なCVTシステム開発手法は今後、以下のように展開していくことで更なる開発品質の向上を目指したい。

4.1 電動化ユニット開発への適用

CVTほど複雑なシステムではないものの減速機のみならず原動機も包括してシステム開発する必要がある。車両とのトレードオフは更に増加することから本手法を活用することで効率的かつ高品質な開発が実現できる。ただし、要求影響伝播マトリックスの精度を高め、可視化して関係者で議論できる環境を整えることも重要である。

4.2 AT, CVT ユニット開発への適用

既存AT, CVTユニット開発においても、近年の法規制や新デバイスの追加などシステム課題が山積している。本手法を導入することで、多品種の適用開発を効率的に行うことが可能になる。

4.3 システム人材の育成

日本の少子高齢化に伴い、技術の伝承、人材の育成を従来のようにOJTで実施することが難しくなっている。本手法を適用し、経験の少ないエンジニアでもシステム課題抽出や課題の優先度付けができるようになり、早期の人材育成を実現できる。

5. まとめ

本稿では、要求影響伝播マトリックスをプロジェクトに適用した事例を示し、各プロセスにおける課題とその解決策を考察した (Table 1)。

要求影響伝播マトリックスを工夫して活用することで、プロジェクト課題の抜け漏れ防止と高効率、高品質なユニットの開発が可能となった。

Table 1 Issues and solutions in each process

プロセス	課題	解決方策
変更点把握	要求の把握	- 要求管理ツール - 計画図体系 - RFL
	仕様の把握	- 図面ベースでの変更点把握, リスト化 - 出図プロセスにゲート追加 (変更点のチェック)
課題抽出	情報更新遅れによる課題抽出不足	課題追加有無の検討プロセス
	課題の過剰抽出	性能影響判断プロセス
課題検討	機能間のトレードオフによる手戻り	複雑性と主要諸元や搭載性への影響の大きさで優先順位付け
デザインレビュー	課題検討の審議	抽出した課題のレビューの審議先を割り振り

6. 参考文献

- (1) 勝生水, 服部靖司, “自動車のトランスミッション製品開発におけるシステム・アーキテクチャ分析手法の導入”, ジャトコ・テクニカル・レビュー No.19 (2020).
- (2) 中澤孝志, “システムズエンジニアリングを用いた新エンジン開発”, 日本機械学会誌, Vol.119, No.1177 (2016).

■ 著者 ■



金田 武



横田 徹