

プロダクトラインエンジニアリング (PLE)の未来予測

今何が起きているのか？どこに向かおうとしているのか？

富士設備工業(株)電子機器事業部 浅野 義雄

第6回 オートモーティブ・ソフトウェア・フロンティア 2021

2/18(木) 15:10～15:40

Modern Product Line Engineering

Part 1 - Opportunities and Challenges

Systems and Software Product Line Conference 2020



Prof. Dr. Danilo Beuche, Robert Hellebrand

この内容は、
バリエーション管理ツールを提供する pure-systems 社(独) Danilo Beuche氏の、
昨年プロダクトラインカンファレンスの講演内容を基にしています。
ここ数年、彼らのツールが大規模開発で本格的に採用されるようになり、



Important Topics

Integration

Scalability

Upstream
Feedback

Supply Chain
Management

Evolution
Management

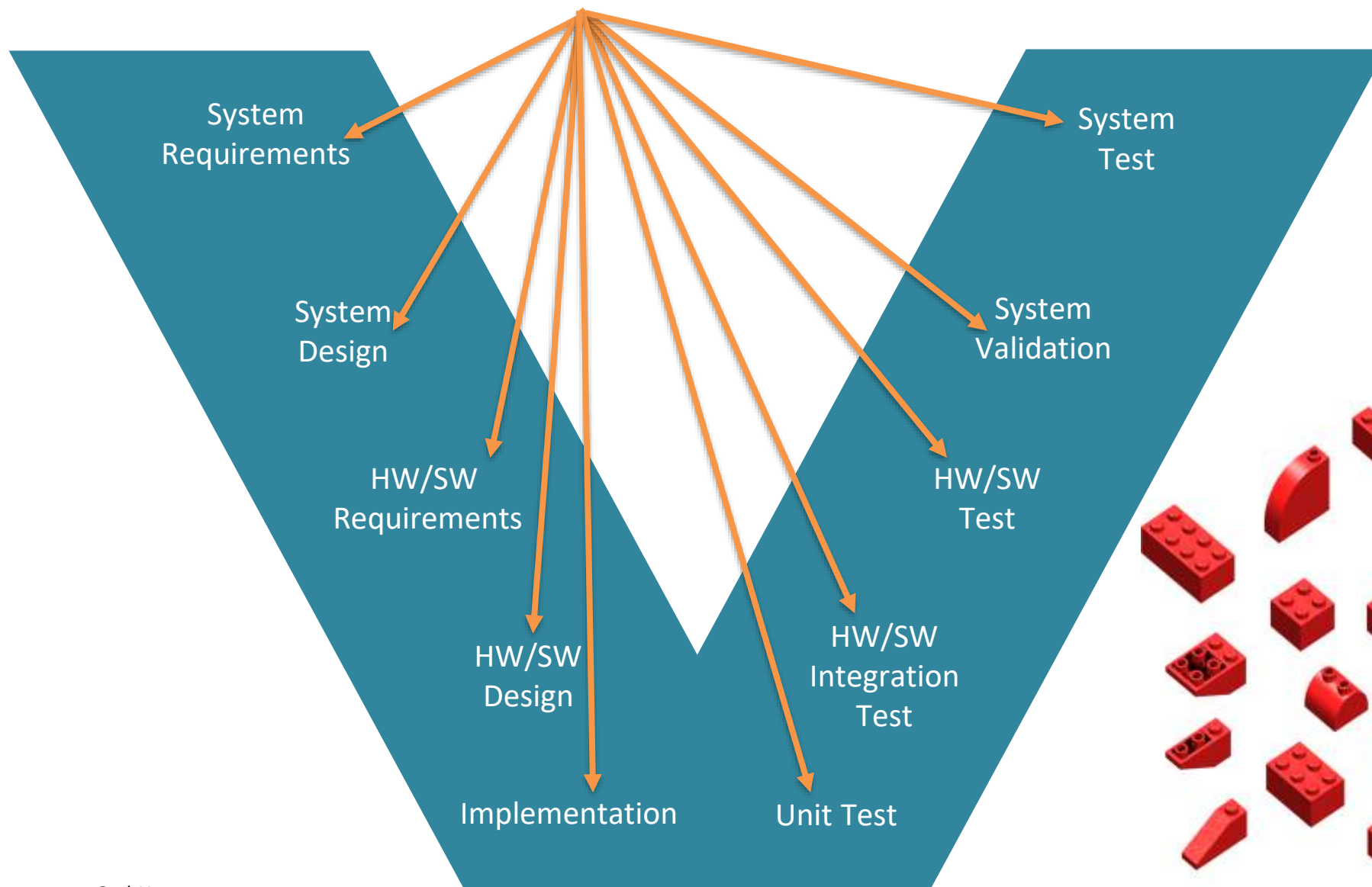
Dependency
Management

Configuration
Propagation

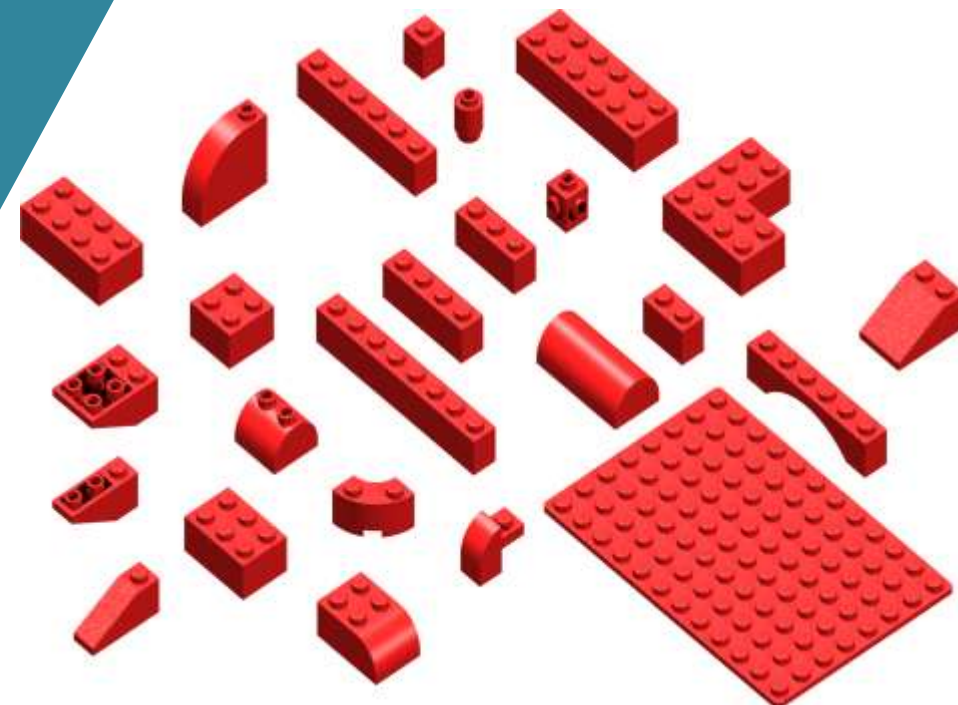
Accessibility

様々なトピックに遭遇してきました。
これらについてお話しするのですが、その前に理解の前提になるPLEのバリエーション管理について、説明します。

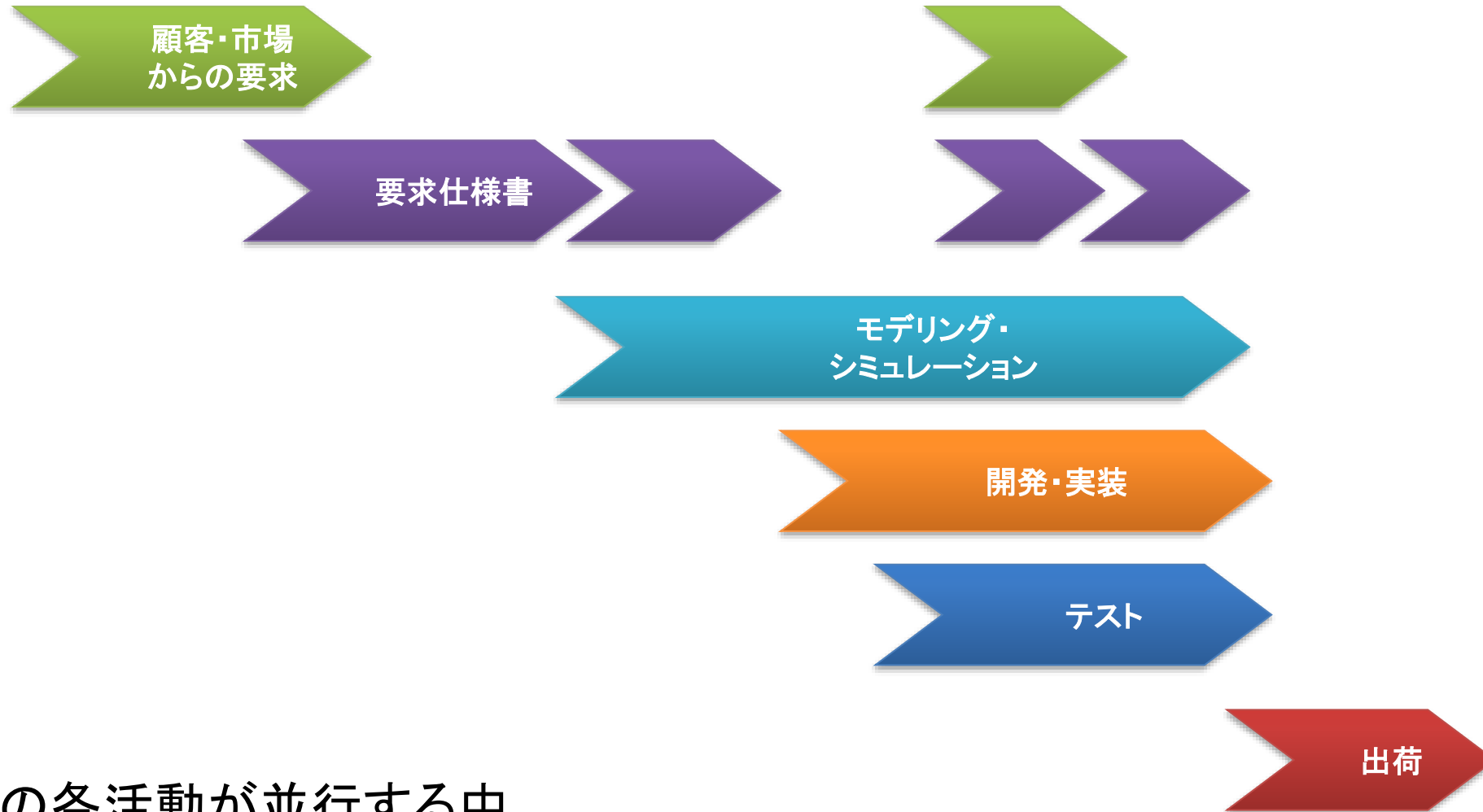
全ての開発資産は再利用対象



再利用部品は、単純なブロックの組み合わせにはなりません

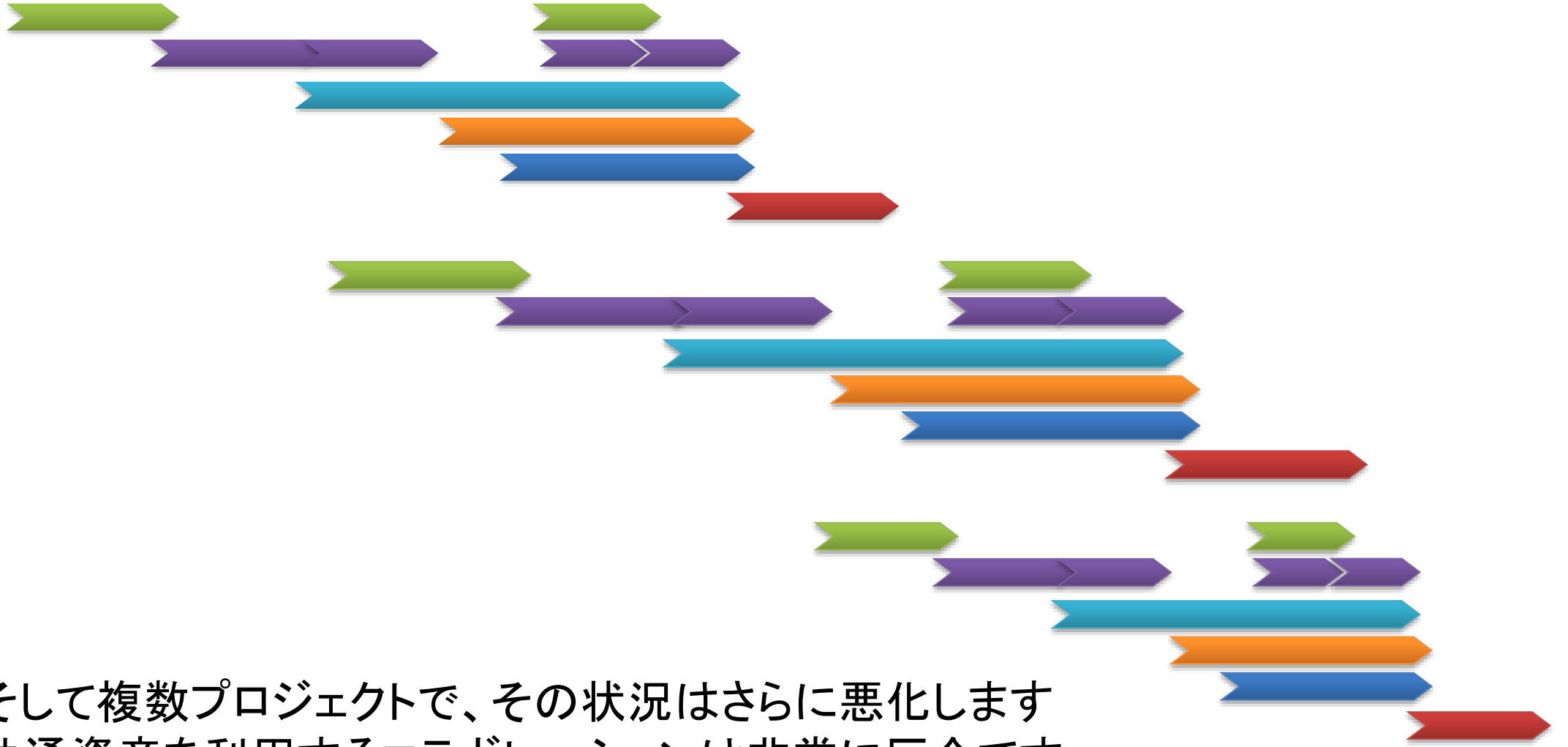


開発プロセスとバリエーション



開発の各活動が並行する中、
それぞれに変更が進行するので複雑な依存関係が発生します

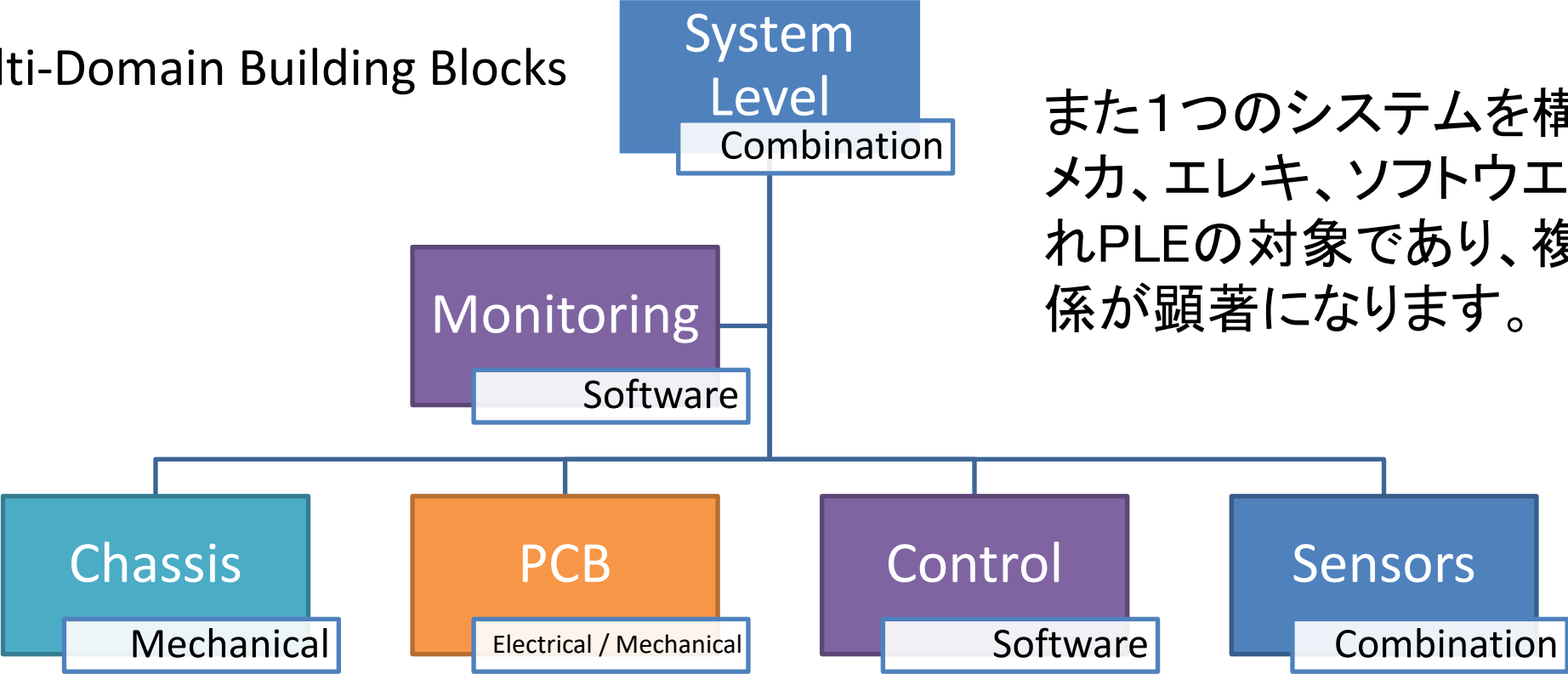
開発プロセスとバリエーション



そして複数プロジェクトで、その状況はさらに悪化します
共通資産を利用するコラボレーションは非常に厄介です

Foundation of Modern Product (Line) Engineering

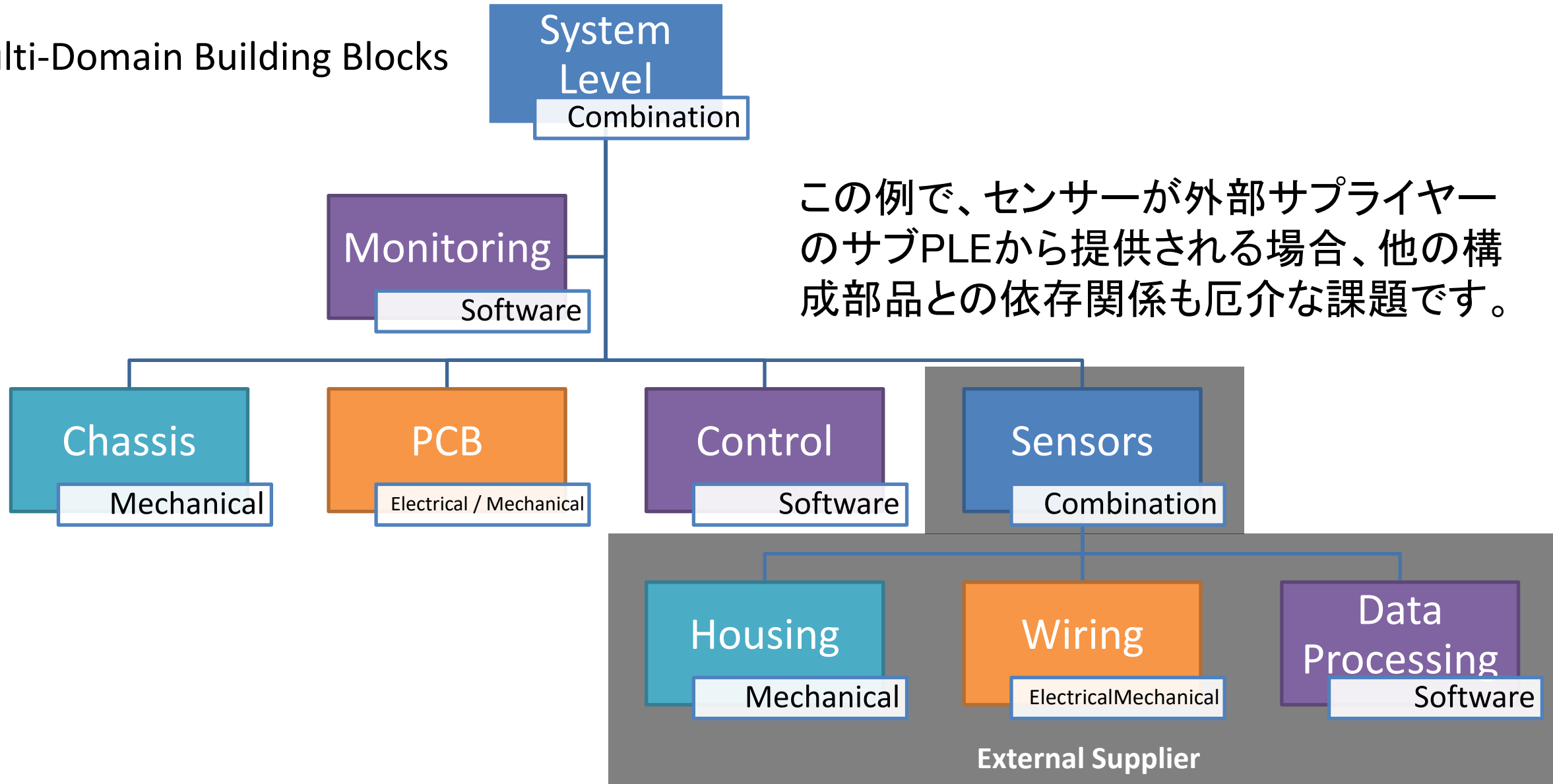
Multi-Domain Building Blocks



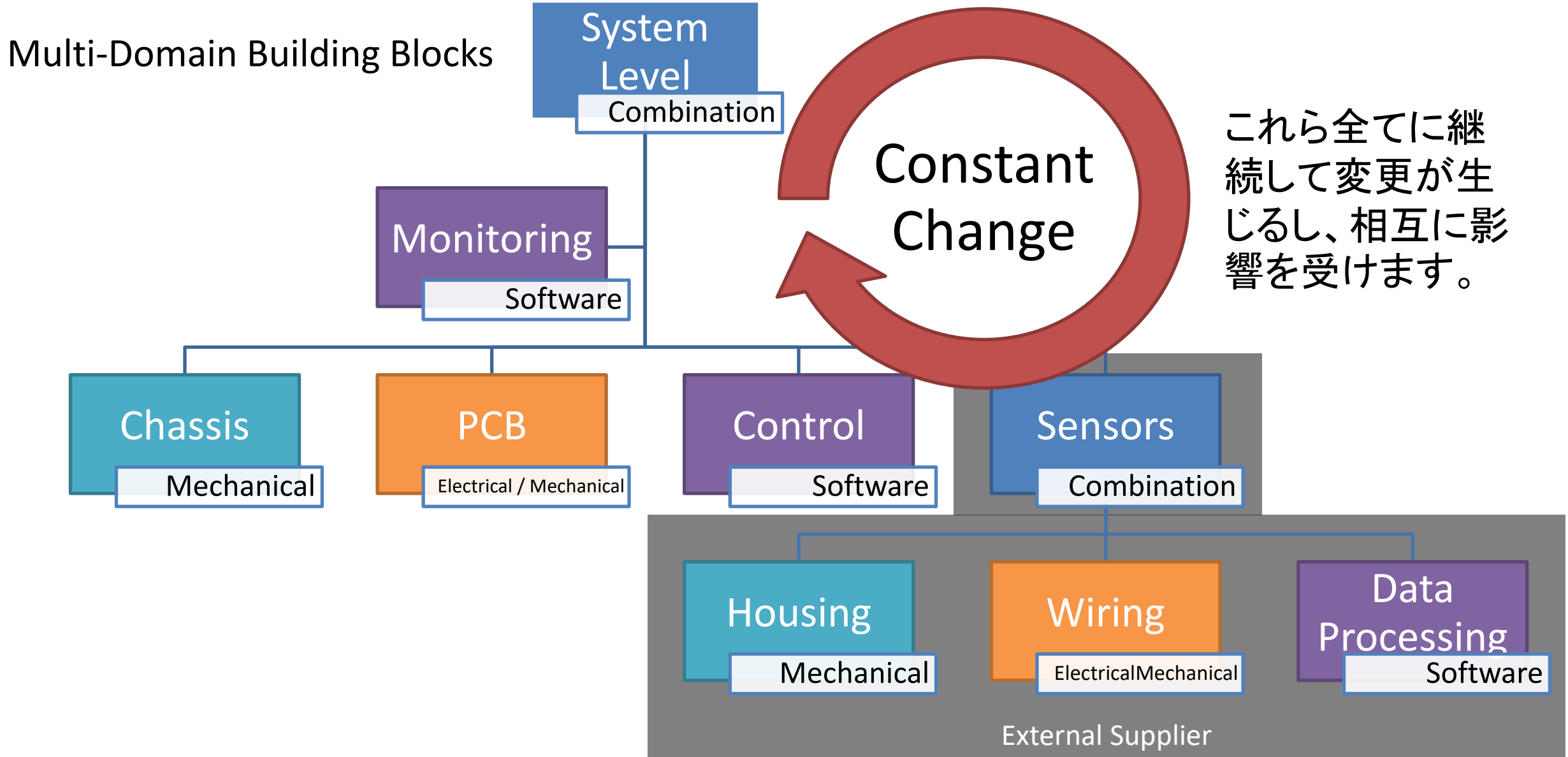
また1つのシステムを構成する、メカ、エレキ、ソフトウェアも、それぞれPLEの対象であり、複雑な依存関係が顕著になります。

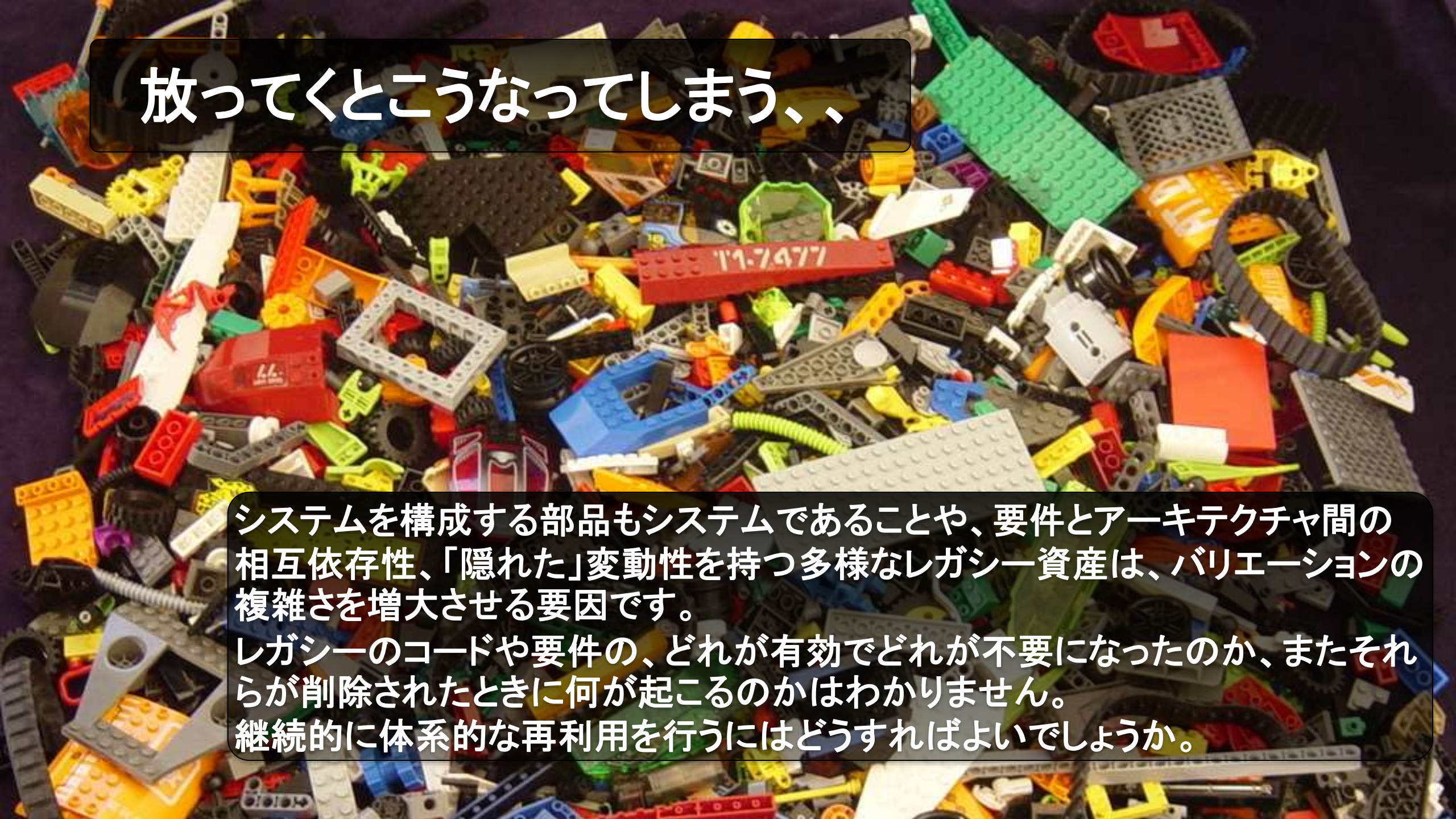
Foundation of Modern Product (Line) Engineering

Multi-Domain Building Blocks



Foundation of Modern Product (Line) Engineering





放ってくとこうなってしまう、、

システムを構成する部品もシステムであることや、要件とアーキテクチャ間の相互依存性、「隠れた」変動性を持つ多様なレガシー資産は、バリエーションの複雑さを増大させる要因です。

レガシーのコードや要件の、どれが有効でどれが不要になったのか、またそれらが削除されたときに何が起こるのかはわかりません。

継続的に体系的な再利用を行うにはどうすればよいでしょうか。

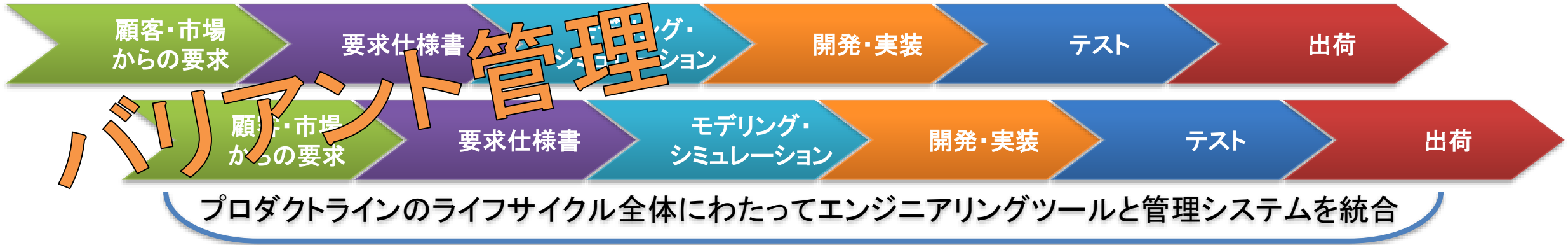
PLEの課題

開発資産を資本化して体系的に再利用

製品バリエーションの複雑さの増大と、それに伴う
部品、システム、ソフトウェア間の依存関係へ対応

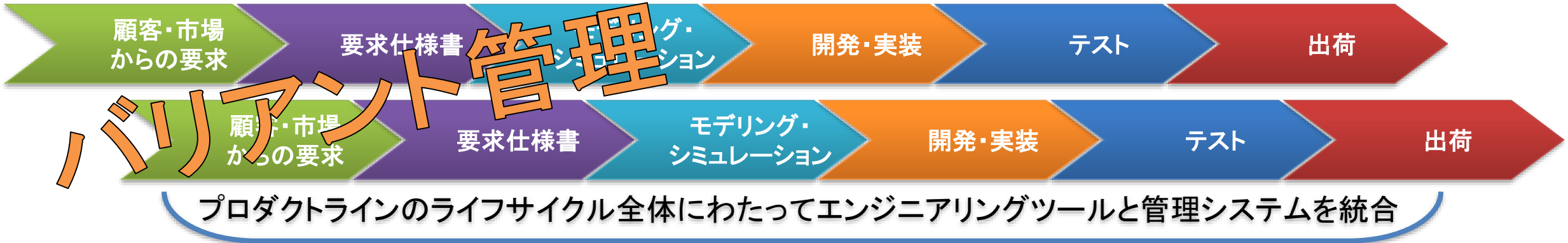
様々なエンジニアリングツールを統合し、
継続的な変更とライフサイクル管理を支援するプロセス

pure::variants Holistic variant management



これをサポートできる pure::variants は、20年以上にわたり顧客の需要に応じて様々なツールをサポートしてきました。

pure::variants Holistic variant management



このツールの開発元の pure-systems社は、PLEのコンサルタントも提供する中で

Important Topics

Integration

Scalability

Upstream
Feedback

Supply Chain
Management

Evolution
Management

Dependency
Management

Configuration
Propagation

Accessibility

まず、これらについて、最新のテクノロジーで克服して、新たな機会に転じることを紹介します。

少し高いレベルの視点となりますが、CASE時代のPLEの可能性を展望できるかと思います。

PLEの現在の状況、また今後の課題として、これらのトピックに遭遇してきました。

Important Topics

Integration

Scalability

Upstream
Feedback

Supply Chain
Management

Evolution
Management

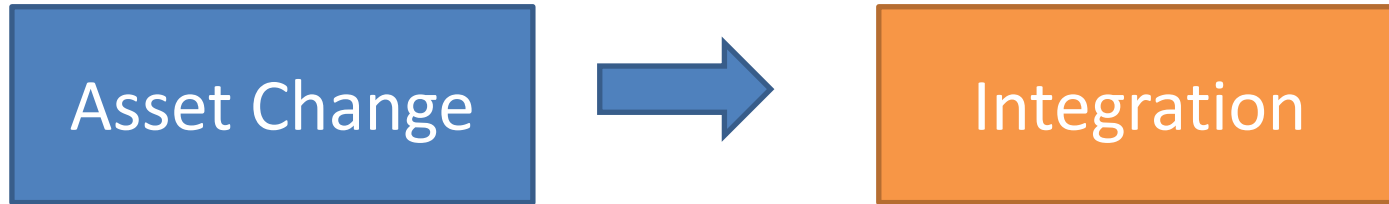
Dependency
Management

Configuration
Propagation

Accessibility

Integration について、トレーサビリティや機能安全の要求を満たすことを前提に、各ツールと資産をインテグレーションすることは当然のことながら、スケーラビリティも念頭におく必要があります。

Change Impact / Consistency

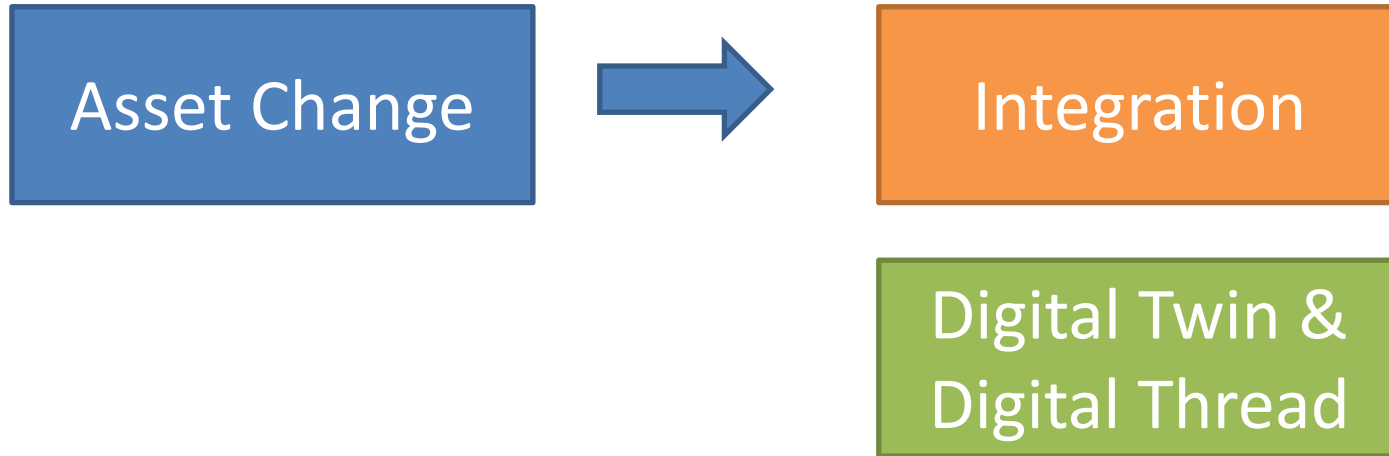


PLEにおける「Integration」の課題は、ある資産への変更は、全てのバリエーションの、あらゆる資産に影響するということです。

システムズエンジニアリングなど各種ツールを統合した全体設計では、相互の関りは深まり、変更への影響は更に大きくなります。

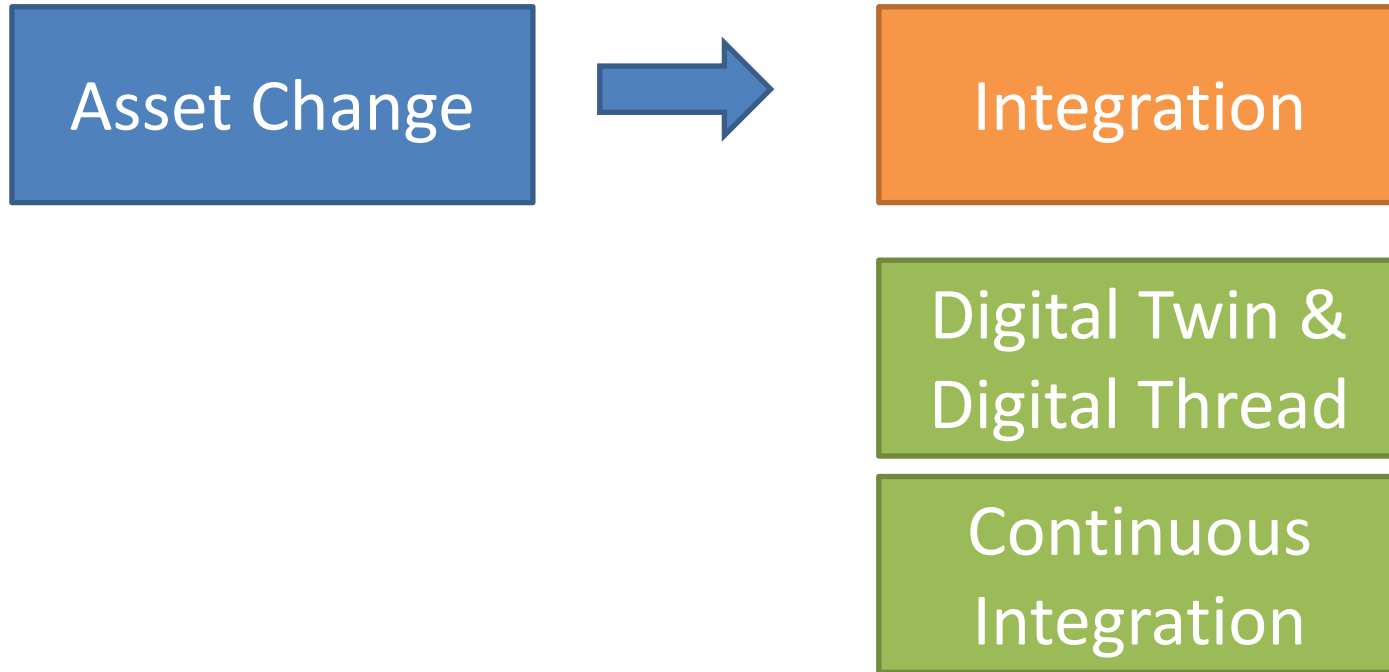
たとえPLEでも変更は、最小限の費用で、迅速かつ安全に行いたいです。

Change Impact / Consistency



近年、機械設計に至るまで、開発がデジタルドメインで行われるようになり、バリエーション管理ツールによるサポートを後押ししています。そしてシミュレーションなど妥当性検証が電子的に行われることは、PLEに大きなメリットをもたらしています。

Change Impact / Consistency



そして継続的インテグレーション(CI)は、作業の効率化を加速します。

Change Impact / Consistency



「Scalability」について、PLEに固有の問題は、変更に対して検証作業をPLE全体で行う必要があることです。PLEで生成された製品の一貫性は大きな懸念事項ですが、簡単なアプローチはなく、単一製品と同様に、バリエーションごとの検証作業が必要です。

もちろん適正に管理されているなら、バリエーション管理データから変更に対して影響分析することや、テストの再利用などの効率化を得ることはできます。

Model Elements	Level	BaseLight	BaseLight_Denmark	BaseLight_EMEA	BaseLight_Sweden	BaseLight_USA_Canada	HighLight	HighLight_Canada	HighLight_EMEA	HighLight_US
Functional_Features										
External Car Lights Features		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
↳ safety		'10'	'10'	'10'	'30'	'10'	'20'	'30'	'30'	'20'
+ ! F Beam Configuration	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
+ ? F Fog Lights	2	☐	✓	☐	☐	☐	☑	☑	☑	☑
+ ? F Daytime Running Light	3	☐	☐	✓	☐	☐	✓	✓	✓	✓
+ ? F Driver Assistance	4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
+ X F Automatic Light	4.1	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☑	☑	☑
+ X F Automatic High/Low Beam	4.2	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☑	☐
+ X F Cornering Lights	4.3	✓	✓	✓	✓	✓	☑	☑	☑	☑
+ X F Adaptive Forward Lighting	4.3.1	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑
+ X F Static Cornering Lights	4.3.2	☐	☐	☐	☐	☐	☑	☑	☑	☑
↳ Requires: "Fog Lights"										
↳ safety		'5';...	'5';...	'5';...	'5';...	'5';...	'5';...	'5';...	'5';...	'5';...
+ X F Automatic Hazard Warning	4.4	☐	☐	☐	✓	☐	☐	☐	☐	☐
Regions										
CarLightCode										
+ ! Code/src		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
+ ? src	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Architecture										
+ ! Architecture		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
+ ! Architecture		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
+ ! Architecture		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CarLightRequirements										
+ ! CarLightRequirements		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
↳ doors:baseline		'cu...	'cu...	'cu...	'cu...	'cu...	'cu...	'cu...	'cu...	'cu...
+ ! doorsrequirement: Head Lights	1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

- Visualize >
- Validate
- Export Matrix...
- Delete 削除
- Filter...**
- Create Matrix Variant Filter
- Clear Filter
- Quick Filter >
- Show Variants >
- Collapse All
- Expand All
- Visualize

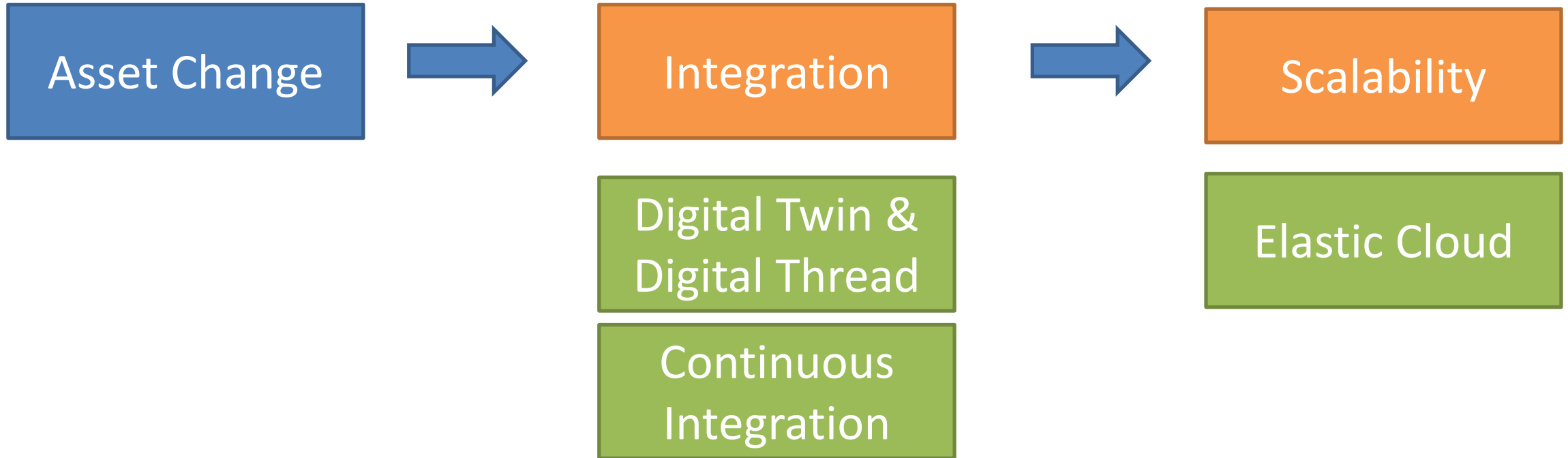
フィルターやソートでバリエーション間の違いや同一性を分析

Change Impact / Consistency



それでも、例えば100のバリエーションがあると、単一製品の検証に比較して、単純に x100倍の時間と労力が必要です。これを同時にカバーするマシンを揃えることは非常に高額ですが、「Elastic cloud」の助けを借りて同等の処理能力を手に入れて、すべてを電子的に実行すれば、単一製品の検証時間で全ての結果が得られます。

Change Impact / Consistency



以上、物理資産も含めたデジタルエンジニアリングの進化、自動化を支援するインフラストラクチャ、クラウドテクノロジーなど、最新テクノロジーの長所によって、単一製品のそれとほぼ同じ速度で、多くのバリエーションを安全に扱えるようになります。

Important Topics

Integration

Scalability

Upstream
Feedback

Supply Chain
Management

Evolution
Management

Dependency
Management

Configuration
Propagation

Accessibility

A Recent Example (2020-10-19)

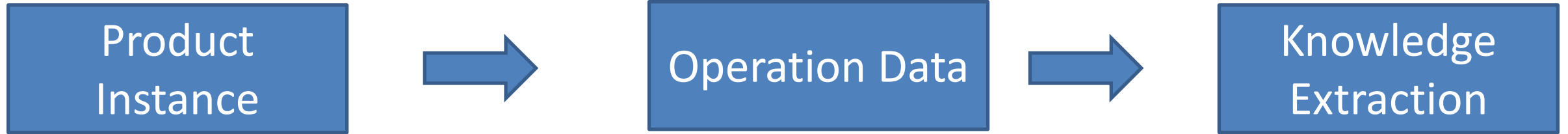
Ongoing software updates over-the-air: BMW Remote Software Upgrade.

史上最大規模のリモートソフトウェアアップグレードを10月19日から、**世界75万台以上**の「BMW オペレーティングシステム7」搭載車に

Response

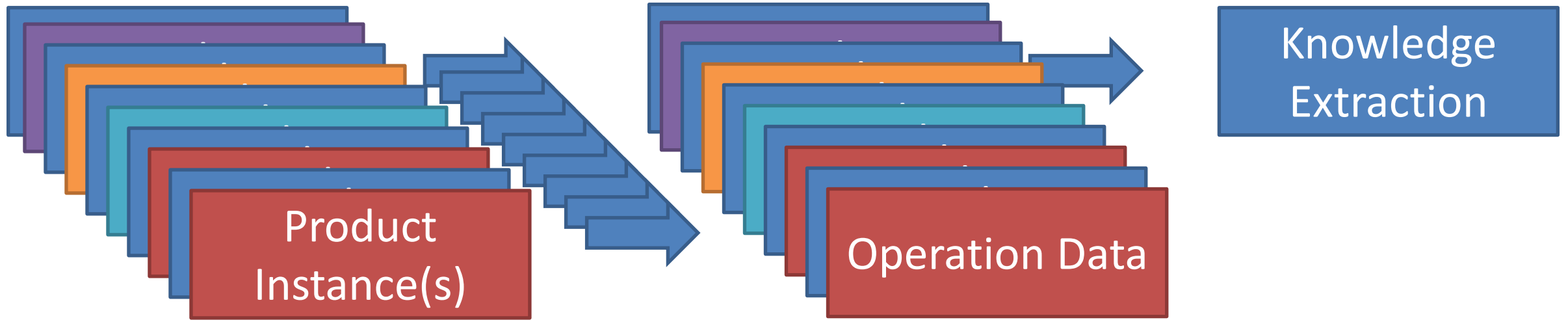
<https://response.jp/article/2020/10/22/339595.html>

Upstream Feedback



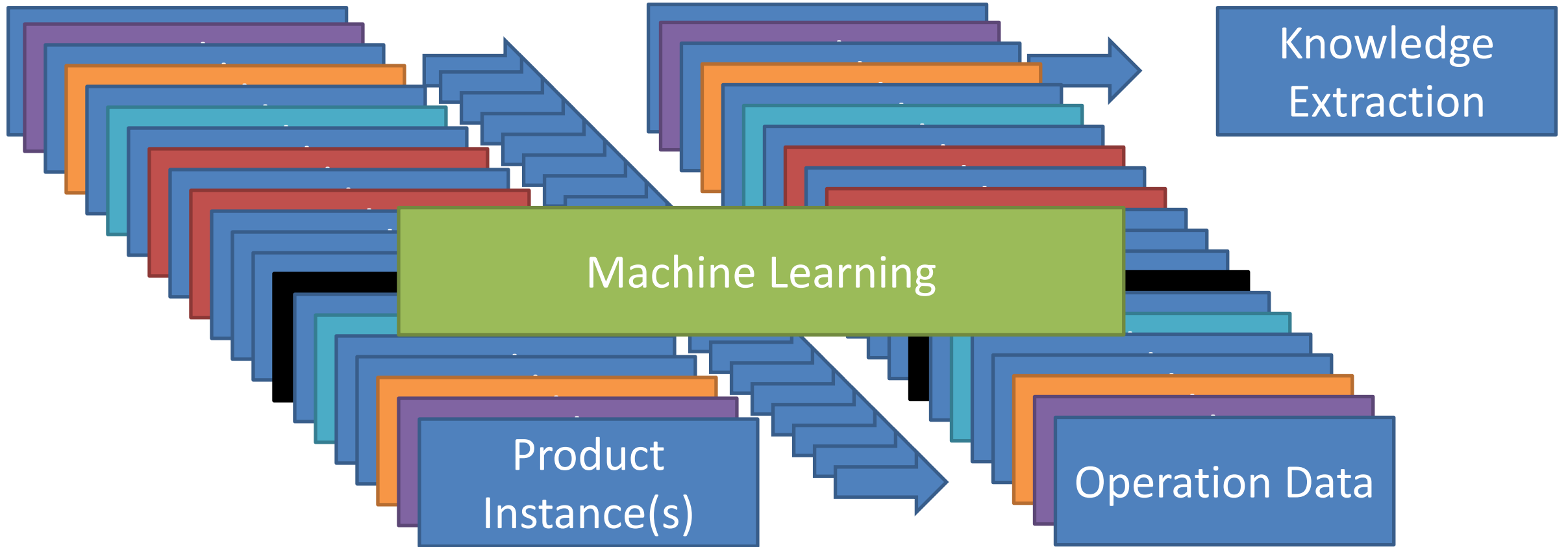
同様に製品の動作状況をモニターして、
フィードバックされる情報は、どう有効利用できるでしょうか？

Upstream Feedback



製品バリエーションが適正に管理されるなら、ある条件下で発生する問題のフィードバック情報から、影響を受ける特定のフィーチャ構成を持つ全バリエーションを、すばやく特定したいでしょう。同様に、フィードバックされる情報から、優れた性能を発揮するフィーチャと変数の組合せが検出できると嬉しいです。

Upstream Feedback



これは膨大なデータですが、機械学習を用いて分析することで、PLEから大きな成果を得ることができるでしょう

Important Topics

Integration

Scalability

Upstream
Feedback

Supply Chain
Management

Evolution
Management

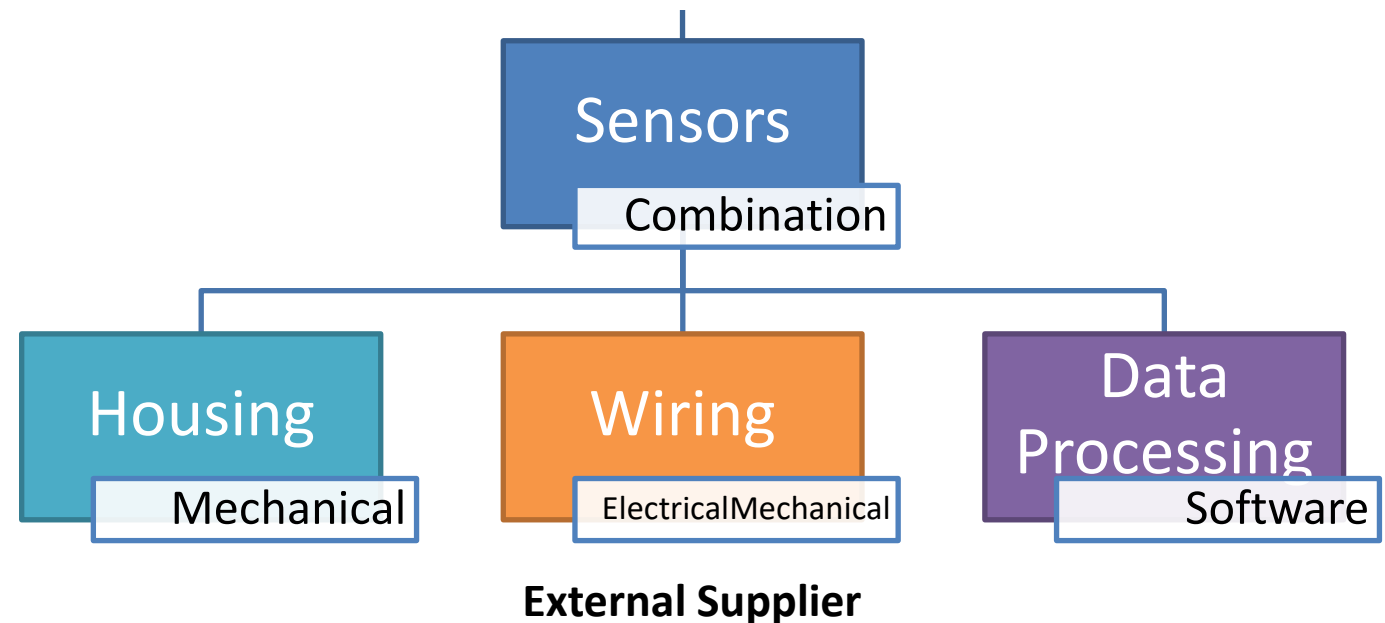
Dependency
Management

Configuration
Propagation

Accessibility

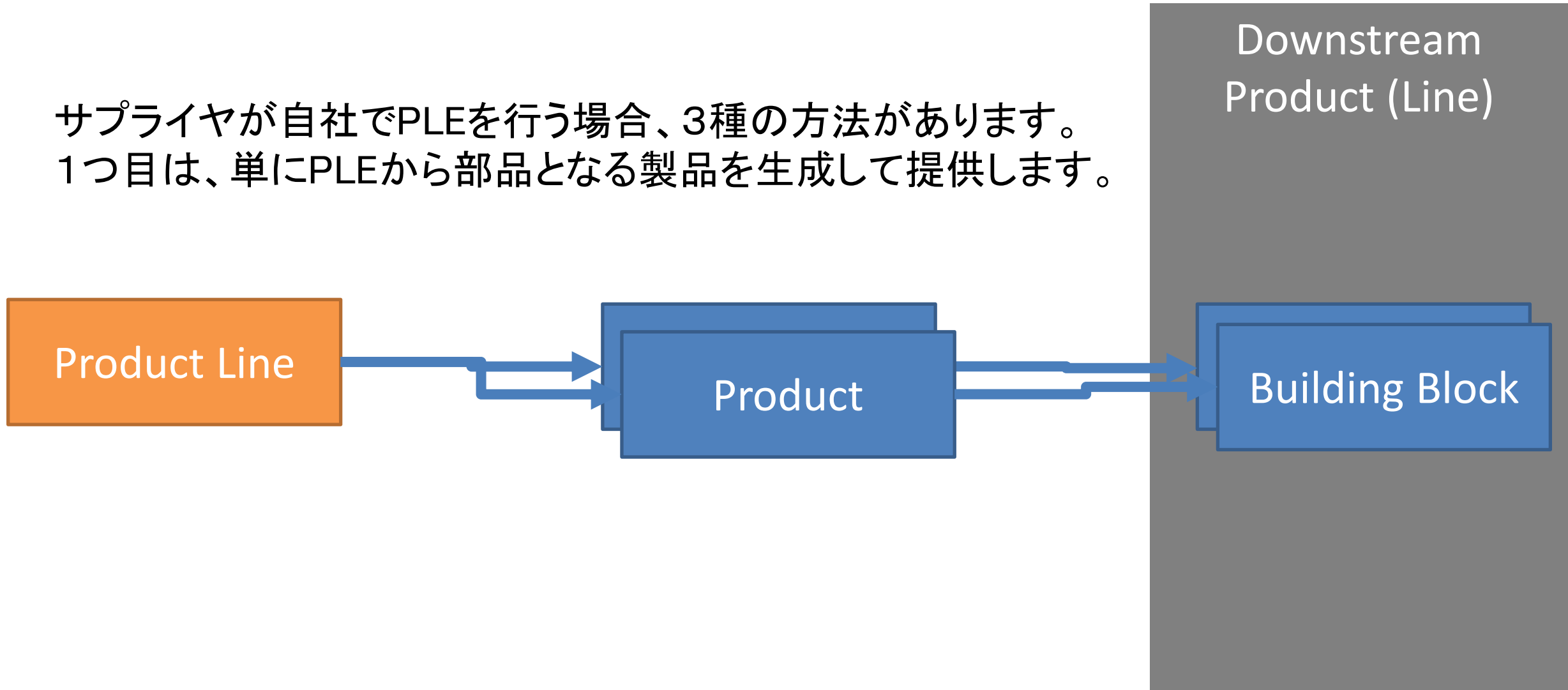
Building Block Supply Chains – Not The Same For Everyone

この例では、センサーはサプライヤーが自社のPLEで開発および保守しています。

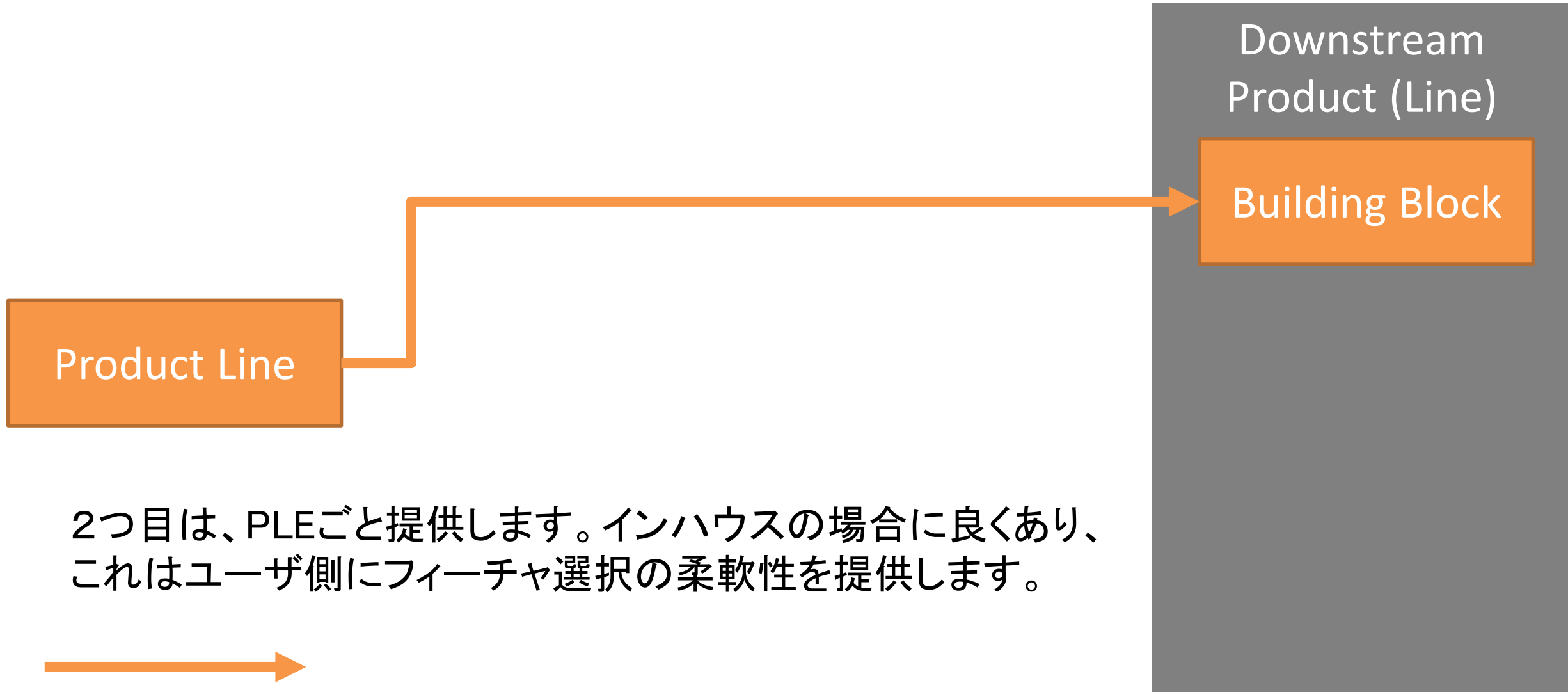


Building Block Supply Chains – Not The Same For Everyone

サプライヤが自社でPLEを行う場合、3種の方法があります。
1つ目は、単にPLEから部品となる製品を生成して提供します。



Building Block Supply Chains – Not The Same For Everyone



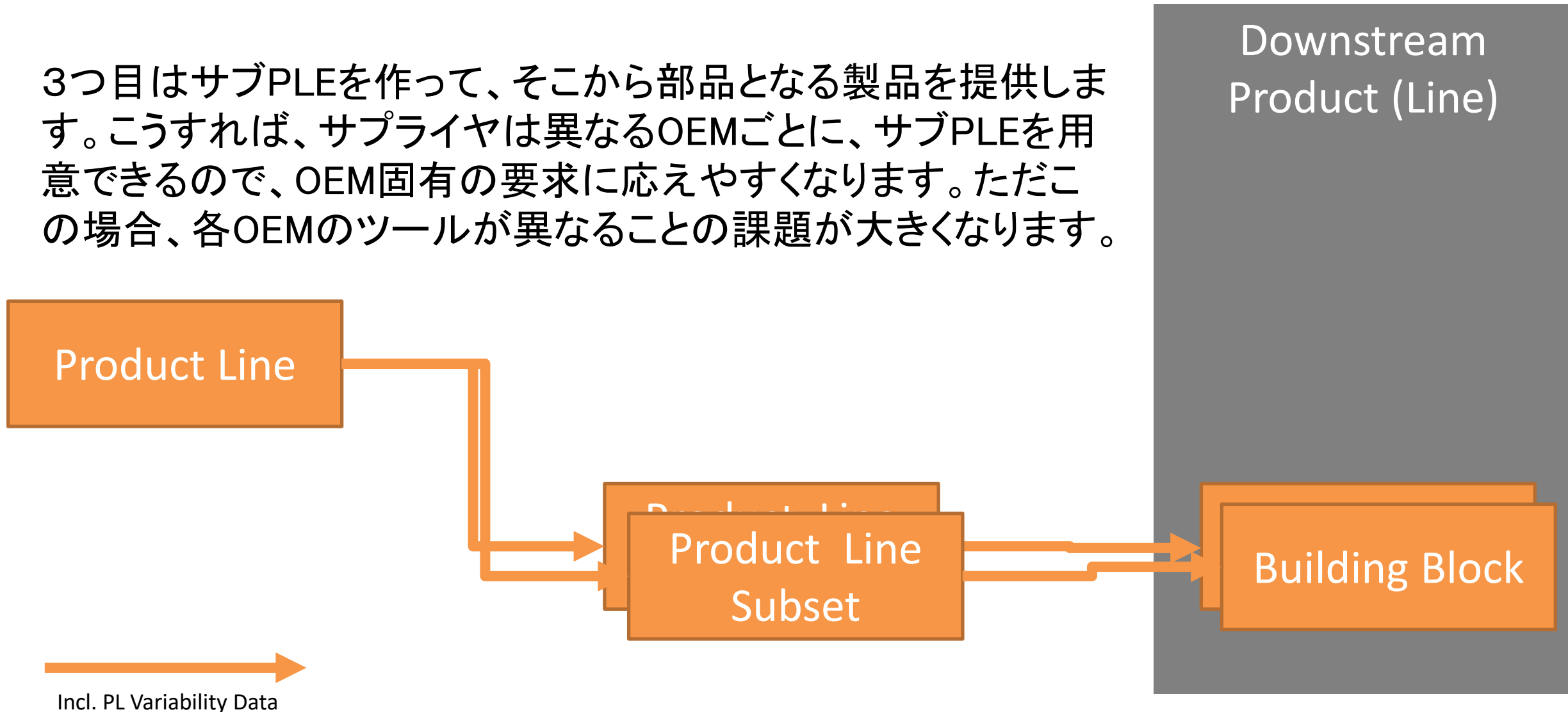
2つ目は、PLEごと提供します。インハウスの場合に良くあり、これはユーザ側にフィーチャ選択の柔軟性を提供します。



Incl. PL Variability Data

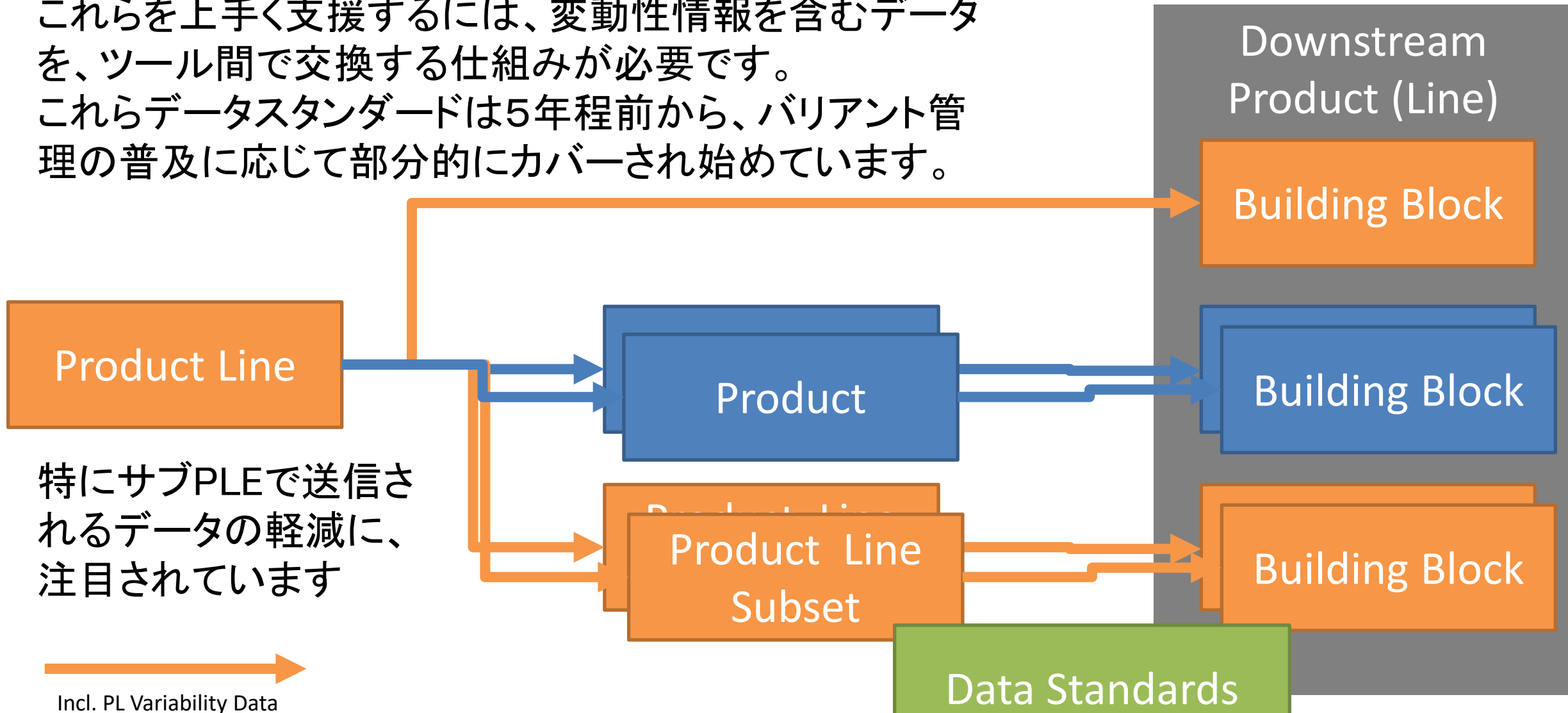
Building Block Supply Chains – Not The Same For Everyone

3つ目はサブPLEを作って、そこから部品となる製品を提供します。こうすれば、サプライヤは異なるOEMごとに、サブPLEを用意できるので、OEM固有の要求に応えやすくなります。ただこの場合、各OEMのツールが異なることの課題が大きくなります。



Building Block Supply Chains – Not The Same For Everyone

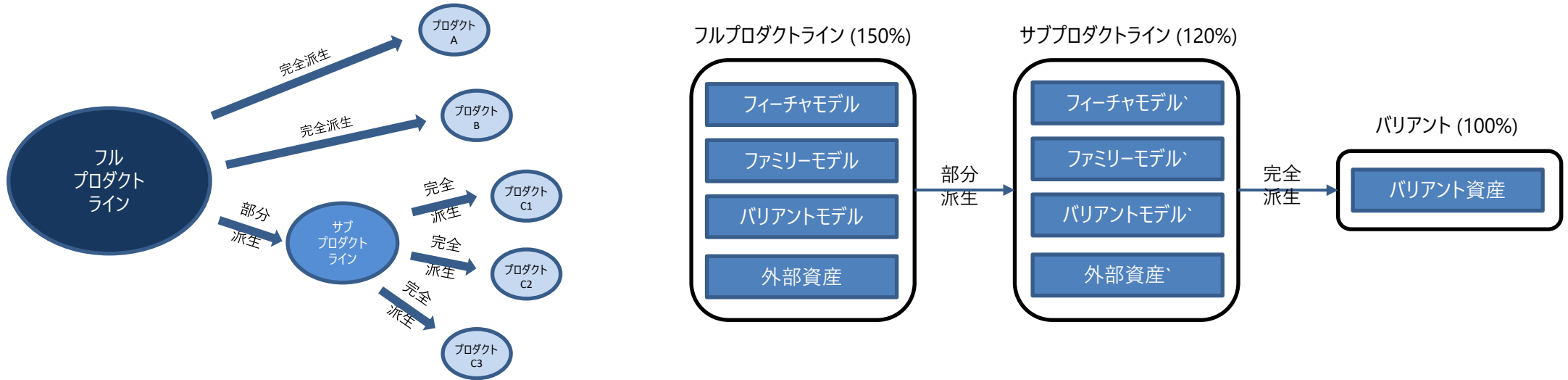
これらを上手く支援するには、変動性情報を含むデータを、ツール間で交換する仕組みが必要です。
これらデータ標準は5年程前から、バリエーション管理の普及に応じて部分的にカバーされ始めています。



特にサブPLEで送信されるデータの軽減に、注目されています

Oasis VEL、OMG SysML V2、STEPAP242

サブPLEのサポート



部分派生によるサブプロダクトライン

バリエーションモデルと外部資産の両方を部分的に派生できる

- 機密機能やライセンスされない資産へのアクセスを制限できる
- 他のチームや顧客へサブプロダクトラインを配布できる
- 複数の関係者間で、製品構成と派生物を分離できる

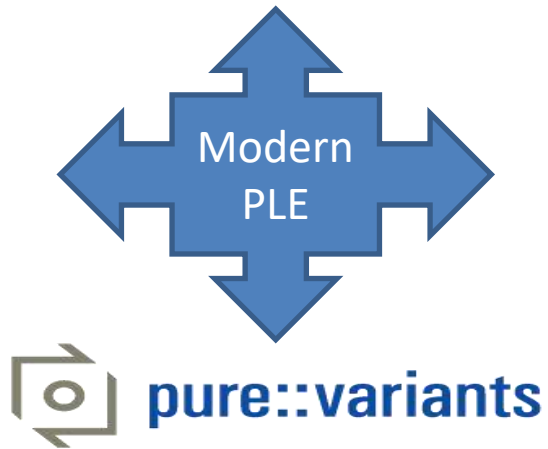
Summary

Integration

Scalability

Upstream
Feedback

Supply Chain
Management



Digital Twin &
Digital Thread

Continuous
Integration

Elastic Cloud

Machine Learning

Data Standards

車載システムなど 大規模開発のPLEで特に重要なこれらのトピックに対して、革新的なバリエーション管理ツールと最新のテクノロジーを上手く活用することで、新たな価値を創造し、大きな変化をもたらすということです。

Important Topics

Integration

Scalability

Upstream
Feedback

Supply Chain
Management

Evolution
Management

Dependency
Management

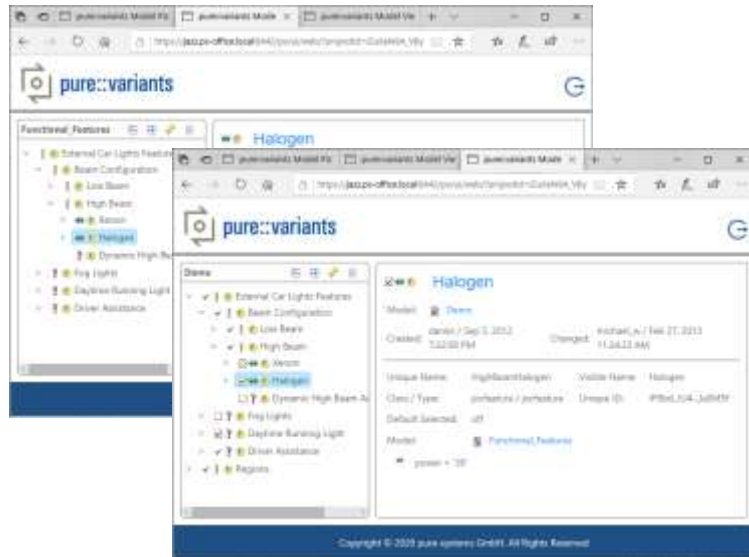
Configuration
Propagation

Accessibility

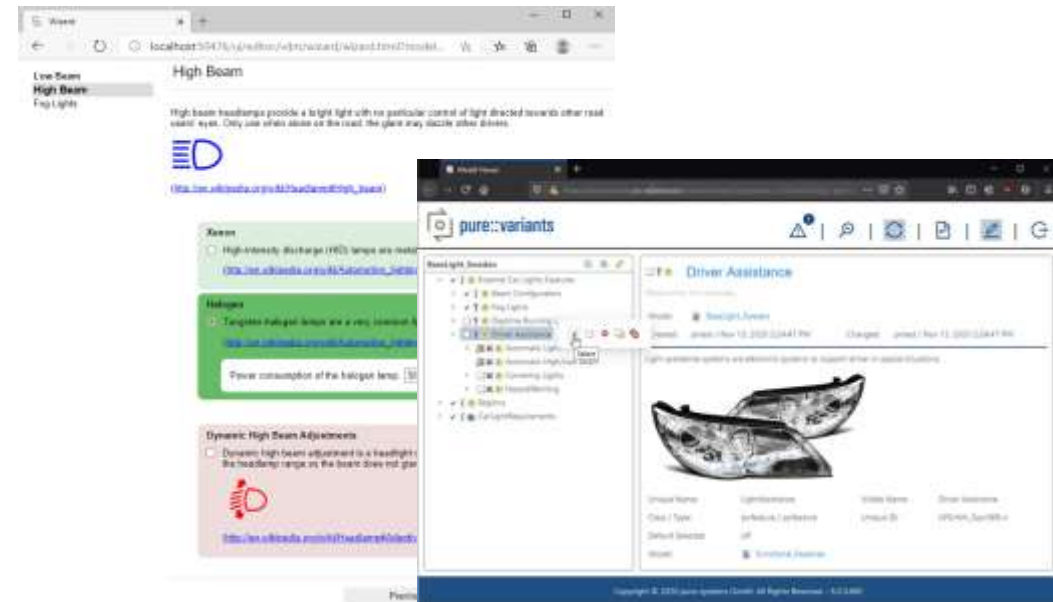
開発規模が大きくなると、PLEの資産管理チームや各バリエーション開発チームだけではなく、開発者以外の利害関係者間で、バリエーション情報を共有する仕組みも必要です。

ウェブベースのバリエーションモデルビューアとエディタ

(1) モデルのビュー



(2) バリエーションの構成



- ツールをインストールする必要なくバリエーションデータにアクセス
- 製品構成をOEMとサプライヤー間で検討できる
- 営業担当など関係者が、容易に構成プロセスに参加できる
- 完全にカスタマイズできる構成プロセスによってユーザーをガイド

Driver Assistance

Light assistance systems are electronic systems to support driver in special situations.



Automatic Light

Automatic systems for activating the headlamps have been available since the mid-1960s, originally only on luxury American models such as Lincoln, Cadillac, and Imperial. Basic implementations simply turn the headlights on at dusk and off at dawn, while more advanced systems such as high-specification versions of the Twilight Sentinel also allow the driver to set a variable timer to leave the vehicle's exterior lights illuminated after exiting the vehicle to aid in finding the way in the dark.

http://en.wikipedia.org/wiki/Headlamp#Automatic_headlamps

Automatic High/Low Beam

Even when the high beam is warranted by prevailing conditions, drivers generally do not use them. There have long been efforts, particularly in America, to devise an effective automatic beam selection system to relieve the driver of the need to select and activate the correct beam as traffic, weather, and road conditions change.

http://en.wikipedia.org/wiki/Headlamp#Automatic_beam_switching

Cornering Lights

On some models, white "cornering lamps" provide extra lateral illumination in the direction of an intended turn or lane change. These are actuated in conjunction with the turn signals, though they burn steadily, and they may also be wired to illuminate when the vehicle is shifted into reverse gear, as is done on many Saab and Corvette. Modern vehicles such as the Audi S8 may activate the cornering lights when the steering wheel input reaches a threshold angle determined by the manufacturer, regardless of whether a directional signal has been activated.

Web-based Variant Configuration Wizard

Prev

Next

Important Topics

Integration

Scalability

Upstream
Feedback

バリエーションとPLE資産
の両方で同時進行する
変更を上手く扱う手
段が必要です

Supply Chain
Management

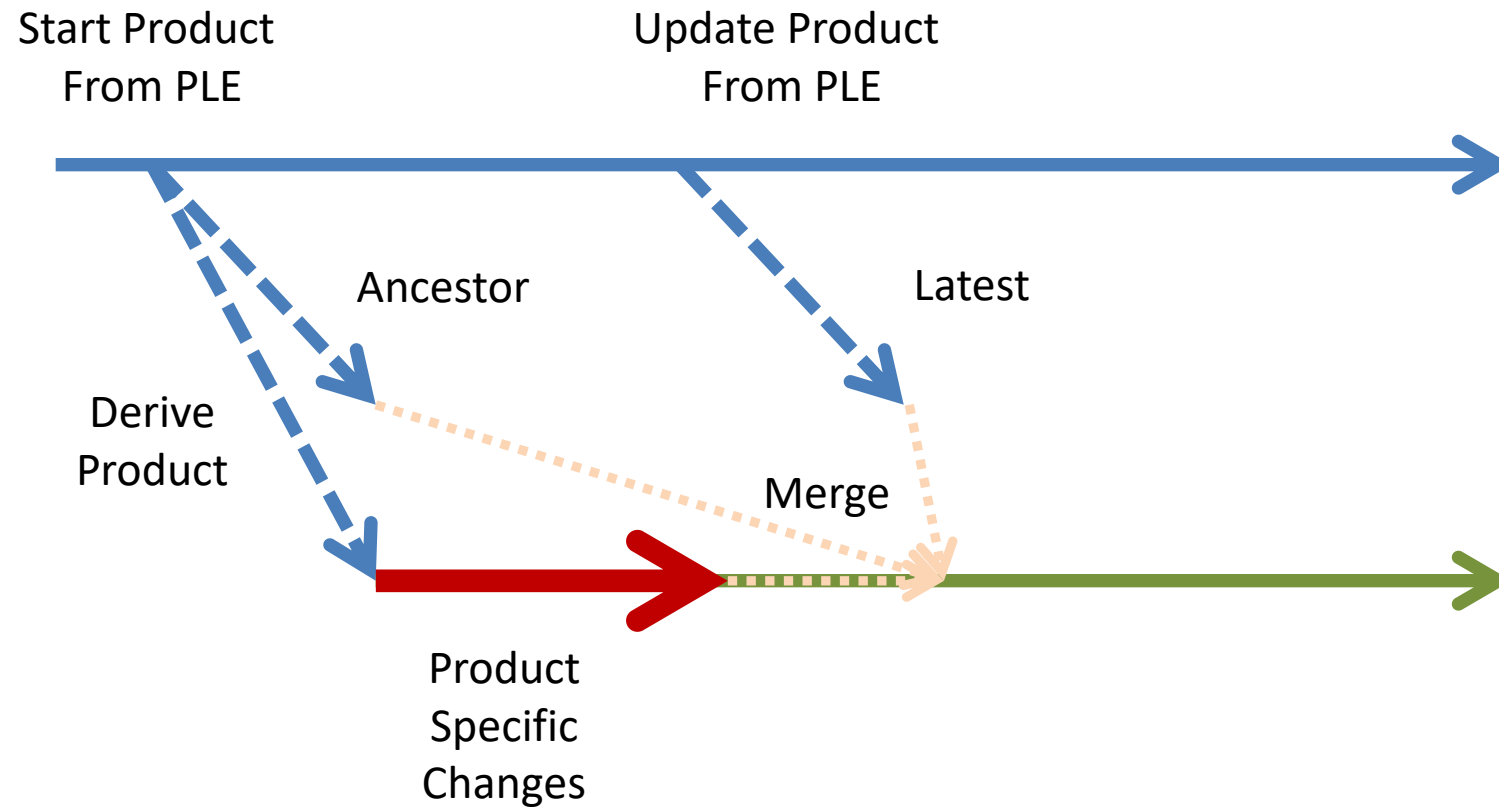
Evolution
Management

Dependency
Management

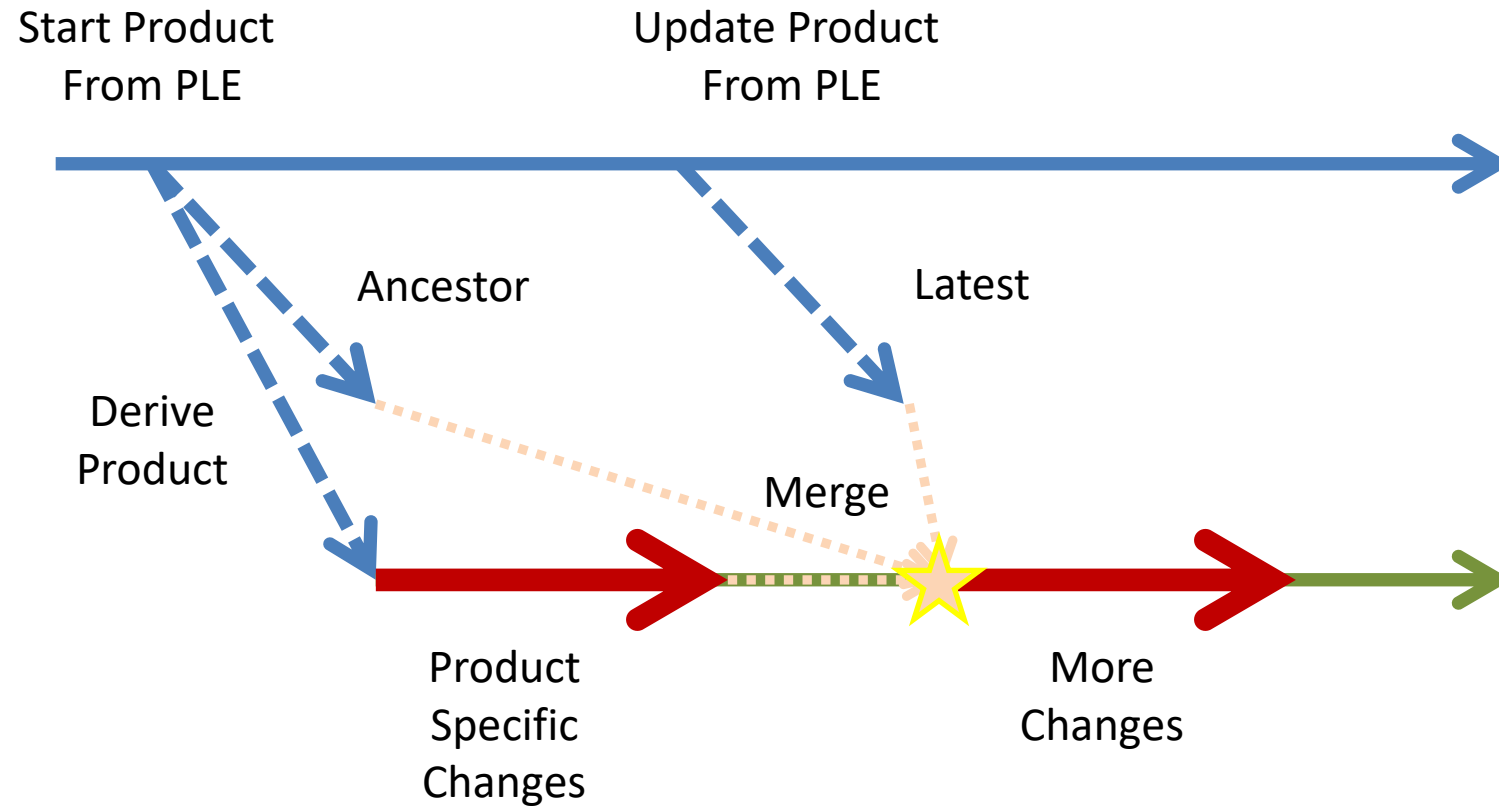
Configuration
Propagation

Accessibility

Update with Compare & Merge



Update with Compare & Merge



Important Topics

Integration

Scalability

Upstream
Feedback

Supply Chain
Management

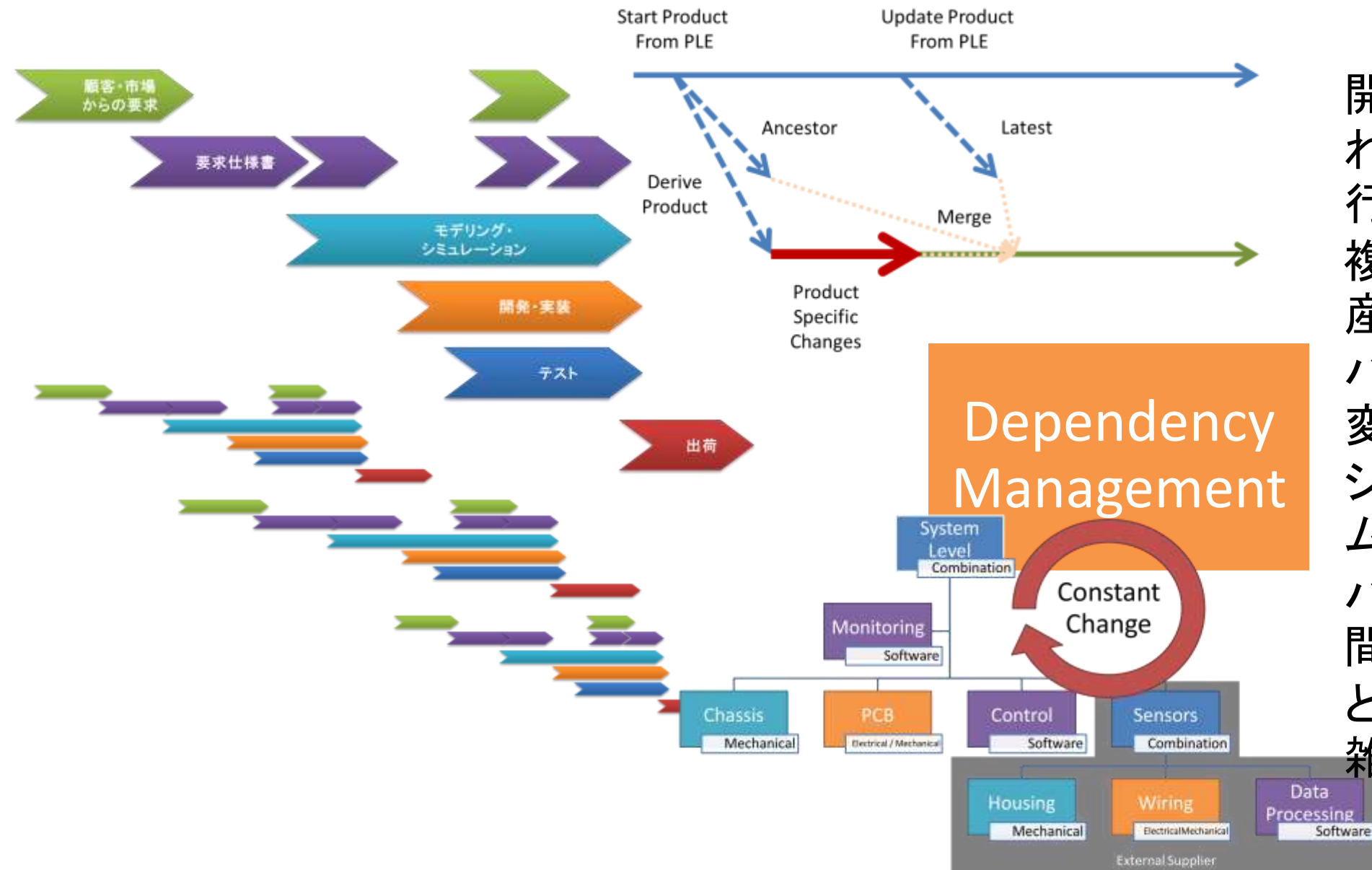
Evolution
Management

Dependency
Management

Configuration
Propagation

Accessibility

Important Topics



開発される各資産にそれぞれの変更が同時進行する中、複数のバリエーション間で資産が共有されていて、バリエーションとPLE資産の変更も同時進行して、システムは様々なシステムから構成されていて、バリエーション管理情報も時間の経過とともに変化、といった依存関係の複雑さに対処が必要です

pure::variants

Holistic Variant Management Capabilities

PLE Capabilities *	Requirements	MBSE	Testing and QA	File Processing	Configuration Management	Analysis & Reporting	Simulation & Code Gener.	ECAD MCAD
Structural Variability	✓	✓	✓	✓	N/A	✓	✓	✓
Parametric Variability	✓	✓	✓	✓	N/A	✓	✓	✓
System of Systems	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Product Line of Product Lines	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Co-evolution of Product Line and Variants	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗

* PLE Capabilities supported by pure::variants by tool category.
Availability for specific tools depends on the respective tool's capabilities and APIs.

Important Topics

Integration

Scalability

Upstream
Feedback

Supply Chain
Management

Evolution
Management

Dependency
Management

Configuration
Propagation

Accessibility

例えば機械系のPLMとの連携が必要です。PLEが周知された反面、各ツールメーカーが独自のバリエーション管理機能を持ち始めています。Supply Chains で紹介したData Standards への期待が高まります。

ただ pure::variants には柔軟に連携する仕組みがありますので、顧客の需要次第であることは先に紹介した通りです。

Important Topics

Integration

Scalability

Upstream
Feedback

Supply Chain
Management

Evolution
Management

Dependency
Management

Configuration
Propagation

Accessibility

以上、pure-systems社がツールとコンサルを提供する中で、遭遇してきたトピックを紹介しました。このツールは既に欧州車載機器を中心に、本格的に採用され始めています。100年に一度の大変革の時代を生き抜くために、PLEの導入をお考えの皆様へのヒントになれば幸いです。



pure::variants について:

<https://www.fuji-setsu.co.jp/products/purevariants/>

Prof. Dr. Danilo Beucheの実践的 ソフトウェアプロダクトライン開発

https://www.fuji-setsu.co.jp/products/purevariants/Danilo_Blog.html

富士設備工業(株) 電子機器事業部

<https://www.fuji-setsu.co.jp>

