

# 「モジュール化について」

MASPアソシエーション  
市野雅也

1

## モジュール化の定義

- モジュール化
  - 複雑なシステムまたはプロセスを一定の連結ルールに基づいて独立に設計されうる半自律的サブシステムに分解し、分業すること。
  - モジュール化の対象
    - 人、物、情報、技術がある。
- モジュール
  - 半自律的サブシステムであって、他の同様なサブシステムと一定のルールに基づいて互いに連結することにより、複雑なシステムまたはプロセスを構成するもの。

2

## モジュール化のメリット

- 開発に際し、同時並行的に開発を進めることができ、また他のシステムのモジュールを再利用することにより開発期間を短縮できる。
- 構成要素間の相互依存性による複雑性を削減できる。
- システムに対し、機能付加、機能削減が容易なため、簡単にシステムに多様性を持たせることができる。
- システムの構成要素に変動が生じても、モジュール単位で対応でき、不確実性への対応力が向上する。
- コア技術を隠すことができる。

3

## モジュール化のデメリット

- モジュール化にはコストがかかる。
- 冗長性を確保するため、システムのパフォーマンスが低下する。
- 画期的な技術進歩に対し脆弱である。(相互依存関係について知識不足)
- インタフェースルールは固定され、長く維持されやすいため、各モジュールの技術進歩をシステムのパフォーマンス向上に素早く反映できない。

4

## 技術の階層

- 経験に基づく技術(技能)
- 科学的な法則に依拠する技術(科学の応用としての技術)
- ある条件下である目的を成就するための技術(工学技術)

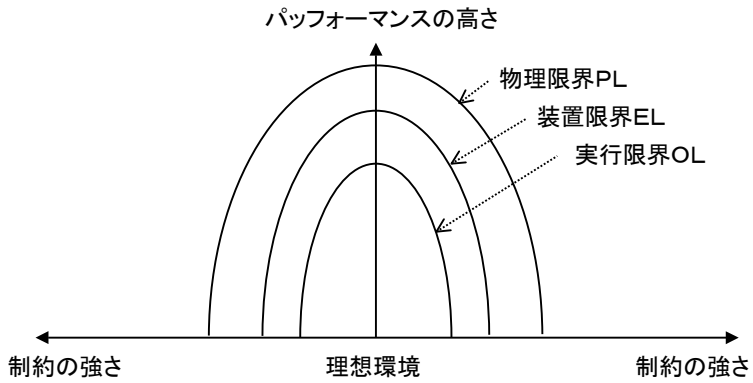
5

## 技術の限界

- 物理限界
    - ある条件下での科学知見の有効性の限界(ある科学原理を用いた技術の理論的な限界)
  - 装置限界
    - 現時点での技術の限界(知の具現化の限界)
  - 実行限界
    - ある技術を実践するときの限界(技能の限界)
- 技術により得られる製品の性能は実行限界の内側となる

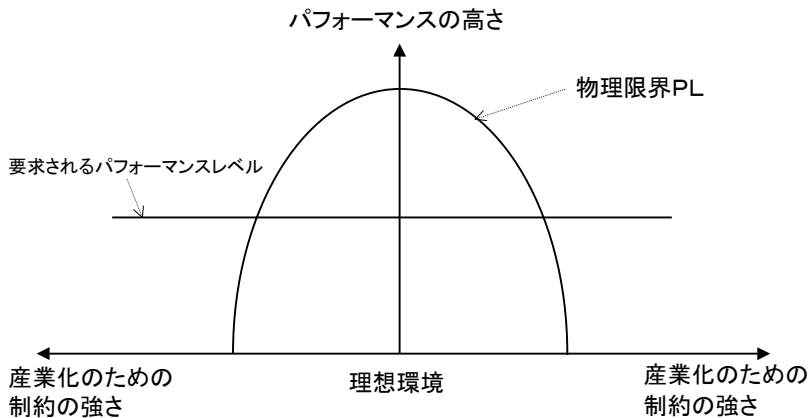
6

# パフォーマンス分布図



7

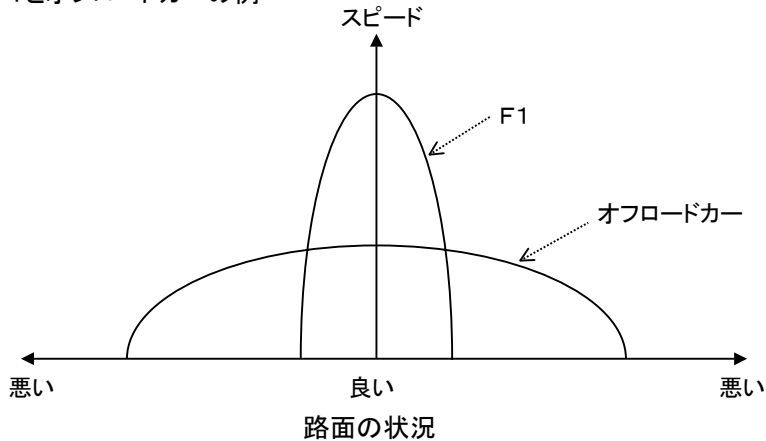
# パフォーマンス分布図(例1)



8

## パフォーマンス分布図(例2)

- F1とオフロードカーの例



9

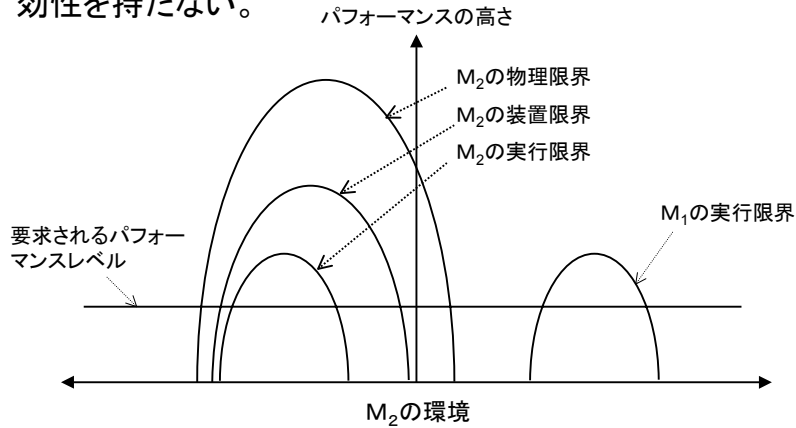
## モジュールによる要素間の複雑性の削減

- 要素数 6個 ( $U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6$ )
    - 組合せ数 15通り
  - 要素間の相互依存性の濃淡により、3つのモジュール  $M_1(U_1, U_2), M_2(U_3, U_4), M_3(U_5, U_6)$  に分けたとする。  
 $M_1, M_2, M_3$  の組合せ数は3通り
- モジュール内の調整  $U_1$ と $U_2$ 、 $U_3$ と $U_4$ 、 $U_5$ と $U_6$  3通りの計6通りになる
- すなわち、 $U_1$ と $U_3, U_4, U_5, U_6$   $U_2$ と $U_3, U_4, U_5, U_6$  との相互依存関係は $M_1, M_2, M_3$ を調整することにより吸収できる。

10

## 2要素間のパフォーマンス分布図(1)

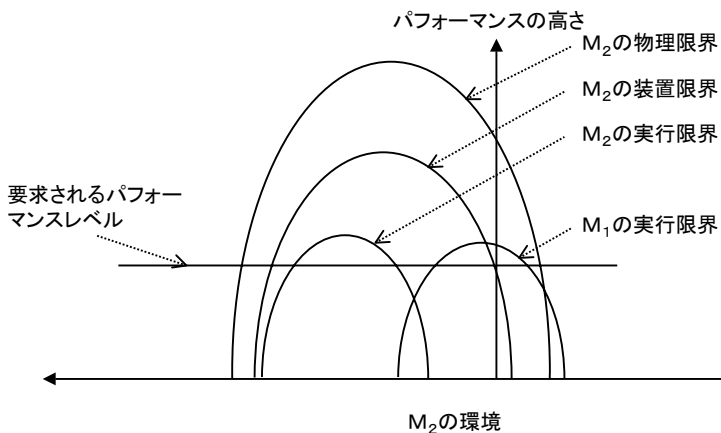
- $M_1$ の実行限界が $M_2$ の物理限界の外側では $M_2$ は何ら有効性を持たない。



11

## 2要素間のパフォーマンス分布図(2)

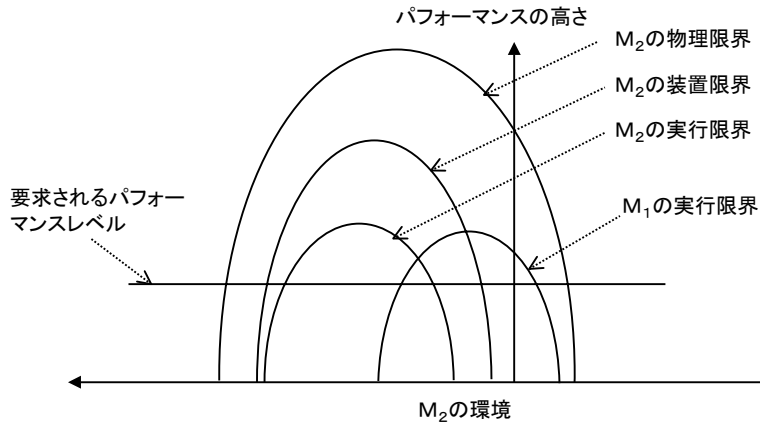
- 何らかの結果は得られるが、仕様は満たしていない状態



12

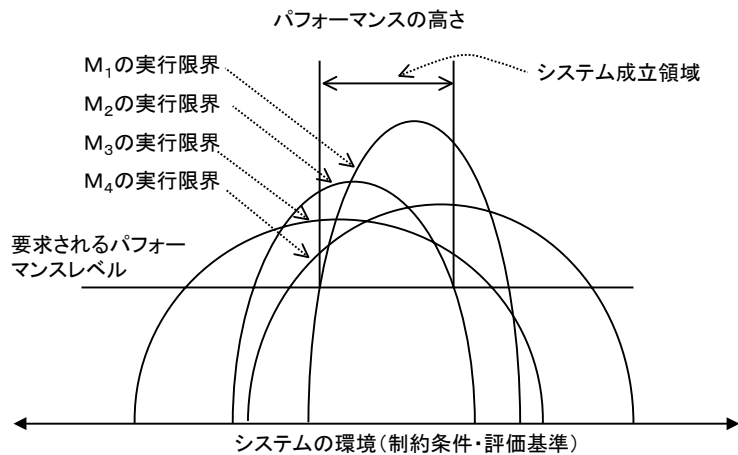
## 2要素間のパフォーマンス分布図(3)

- 目的の性能を得られる



13

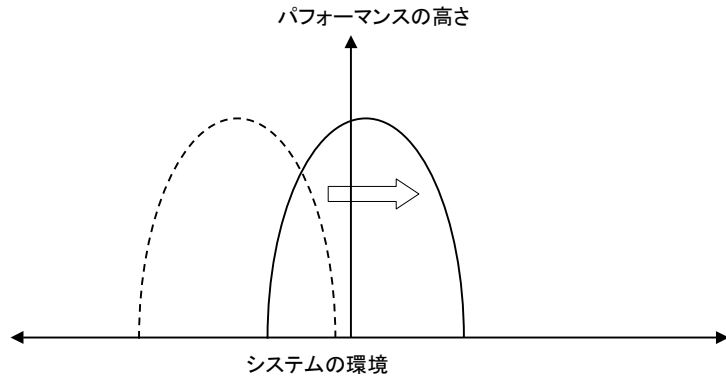
## 多要素の実行限界



14

## パフォーマンス分布図の位置の変更

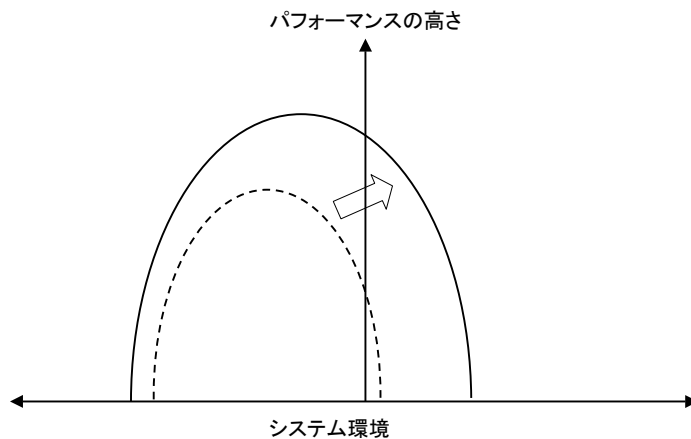
- パラメータの調整、またはトレードオフにあるパラメータの調整による「実行限界」の並行移動(条件だし)



15

## パフォーマンス分布図の拡大変形

- 部品や装置の一部を交換、あるいは使用方法を改良する



16



## システム成立領域の意味

- システムの余裕を表している。
  - 技術を実行される環境がバラついてもシステムは安定して移動する。
- システムの技術的余裕を表している。
  - この領域内で縦軸方向に要求パフォーマンスレベルを超える部分はシステムの技術的余裕を示している。(冗長性)
- 部分最適は全体最適にならない。
  - システムはこの領域内のどこかで動作している。あるモジュールが最高パフォーマンスを示すシステム環境で動作しても、他のモジュールはそのシステム環境で最高パフォーマンスを示さない。
- インタフェースルールの自由度の範囲を示している。
  - インタフェースを「構成要素の変化の範囲を事前に規定することによって事後の相互依存性を削減する方法」と定義する。この定義によれば、システム成立領域の幅はインタフェースの自由度を表していると考えられる。(幅が広ければ良くインタフェースが取れている。)

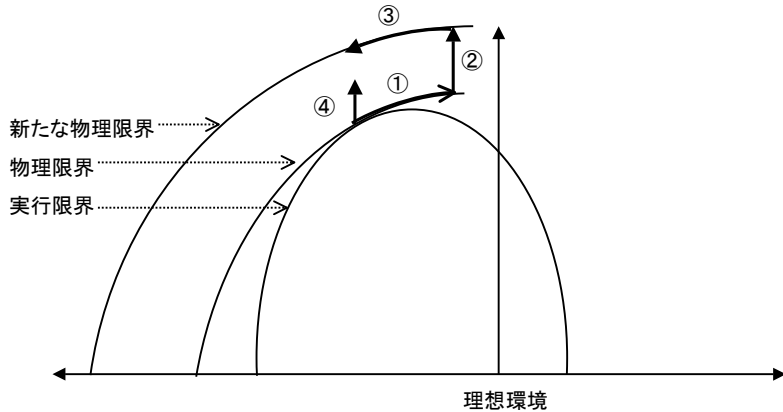
17

- デザインルールを規定する。
  - 各モジュールに対し、システム成立領域と要求されるパフォーマンスレベルを事前に規定することである。
- システム成立領域の変化
  - 要求されるパフォーマンスレベルが高くなると、システム成立領域の幅は狭くなる。すなわち、インタフェースの自由度が小さくなるので、ルールの見直しが必要となる。
  - インタフェースルールを変更することなく、高くなったパフォーマンスレベルに対応するには、各モジュールのパフォーマンス分布図の形を、並行移動または変形させることが必要となる。この場合、モジュールの冗長性部分も大きくなりコストアップになる。  
すなわち、モジュールの有する冗長性はインタフェースのためのコストといえる。

18

## 「物理限界」の更新（1）

- 「物理限界」と「実行限界」が接近している場合



19

## 「物理限界」の更新（2）

- ①理想方向に「物理限界」をたどる
  - 制約条件を取り外して問題を簡素化する
- ②問題が十分に簡素化された条件下で別の材料・方式を発見する
  - 簡素化された条件下では発見し易いため
- ③新たな材料・方式に対し、順次制約を加え、求められる環境下でパフォーマンスの高さを評価する
- ④求められる環境下で「要求されるパフォーマンスレベル」を十分に満たすことが確認できれば、それに向けて「装置限界」「実行限界」を引き上げる

20

## 「物理限界」更新の影響

- モジュールからインテグラルアーキテクチャへ変化する
  - 要求されるパフォーマンスレベルが「物理限界」を超え、これに応えるため新たな材料・方式が採用されると、構成要素間に新たな相互依存関係が生じる
  - イテグラルのもつて、要素間の相互依存性にかかわる知識を学習し蓄積することで、徐々にまたモジュール化に向かっていく
  - インテグラルアーキテクチャとモジュール化のサイクリックな変化は「物理限界」の変更がトリガとなって起こる
  - 組織には慣性があるため、製品アーキテクチャのモジュール化からインテグラルへの変化に対し、組織の変化が即応できない。このため企業は危機に陥る可能性がある
  - 「物理限界」の更新時は新規企業にとって参入のチャンスである

21

## モジュール化の例(1)

- IP (Intellectual Property)
  - ある機能をもった単位設計ブロック
  - カスタムICは、IPをいくつか組み合わせて、必要な機能をチップ上に実現する
  - ハードIP・・・製造プロセスがすでに開発済みのもの
  - ソフトIP・・・論理回路設計のみ
- 半導体ファブリー
  - ソフトIPの供給を受け、プロセス開発を行って量産し、製品を供給する
- IPベンダー
  - ソフトIPを供給する企業

22

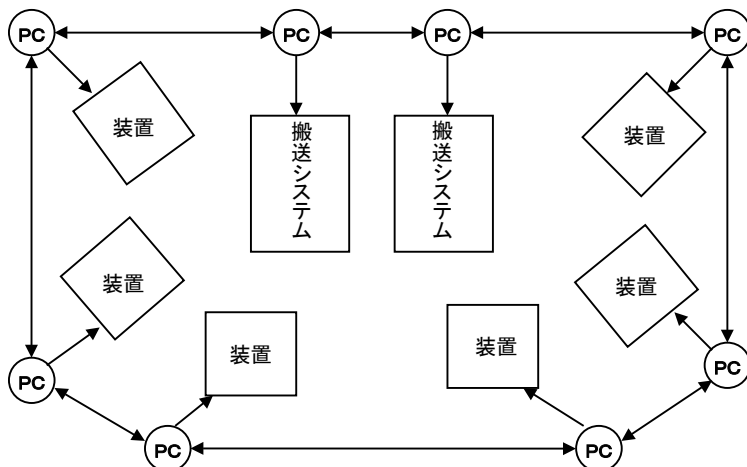
## モジュール化の例(2)

- EMS(Electronics Manufacturing Service)
  - プリント基板の製作を行うアウトソーシングメーカ
  - 工場のグローバルな展開
  - 各工場は同一設備を標準化してもっている
  - 各工場の製造マニュアルは標準化されている
  - 部品は標準化して在庫する
  - 優秀な生産管理技術を有している
  - 時間を売る

23

## モジュール化の例(3)

- 機能モジュール(一つの機能を実現するための装置の集合)



24

## まとめ

- モジュール化はシステムを効率的に構築する方法であって、システムの能力を上げる方法ではない
- モジュール化の事前に、対象とする要素の特性および他要素との相互依存関係を十分に把握しておく必要がある
- インタフェースルールは固定すべきでなく、モジュールの進化、技術の進化に合わせて調整すべきである
- モジュール化は製品の最終的な姿ではない。モジュール化の進化は、モジュール化を否定する方向に向かう

25

## 参考文献

- 「半導体立国ふたたび」 藤村修三著 日刊工業新聞社
- 「ビジネス・アーキテクチャ」 藤本、武石、青島編 有斐閣
- 「モジュール化」 青木昌彦、安藤晴彦編 東洋経済新報社
- 「EMS戦略」 稲垣公夫著 ダイアモンド社
- 「成功する製品開発」 藤本隆弘、安本雅典編 有斐閣

26