

スケジューリングの考慮点

－ Critical Chain Scheduling と Buffer Management －

2006年10月19日

日本アイ・ビー・エム(株) Tech Strategy & Competency

神庭 弘年 ICP Sr Executive PM

要旨

プロジェクトは、期間が決まっていて、独自性の高い成果を目的とするものだとして定義(PMBOK)すると、ITプロジェクトの成功は、常にリスクと対峙しながらプロジェクトを遂行することにかかっている。

プロマネの戦略を具体化したものがプロジェクト計画で、日程を如何に守るかの具体的な政策がスケジューリングという事になる。CCPMの提起した着想に多くの注目が集まっている。その斬新性を評価するにせよ実践事例によるCCPMの実証性はいまだ十分とは言えない。

ITプロジェクトでの適用時の考慮点について検討し考察を述べる。

AGENDA

- **Projectとは**
- **ボトルネック工程の検出**
- **なぜスケジュールは遅れるのか？**
- **クリティカル・パスの把握**
- **スケジュール取り戻しの検討ポイント**
- **急がば回れ！**

プロジェクトとは

組織の活動には定常事業活動とプロジェクトとがあり、

1. 人により遂行される。
2. 使用資源の制約がある。
3. 計画され、遂行され、管理される。

は共に同じであるがプロジェクトは以下の特徴を持つ。

4. 有期性(明確に開始時点と終結時点をもつ)がある
5. 成果物やサービスの独自性がある

引用:プロジェクトマネジメントの知識体系ガイド2000年版

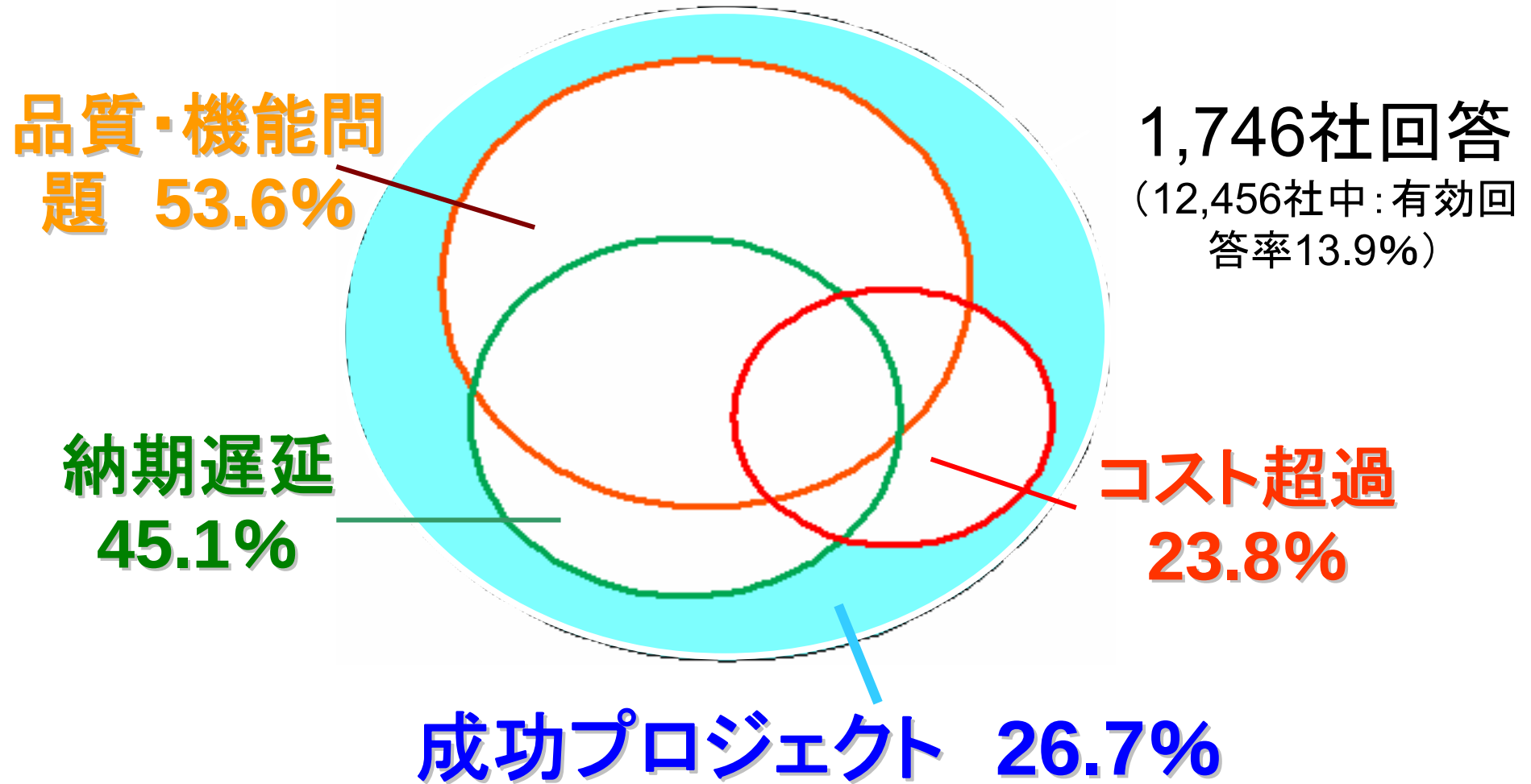
プロジェクトマネジメントとは

個々人を組織化して、作業を順序良く行うことにより

1. 決められた品質以上の成果物を
2. 決められた期間以内で
3. 決められた予算以内で

失敗なしで作り上げる技術、ベストプラクティス
しかも、最短距離を、最適な技術で、最速で、

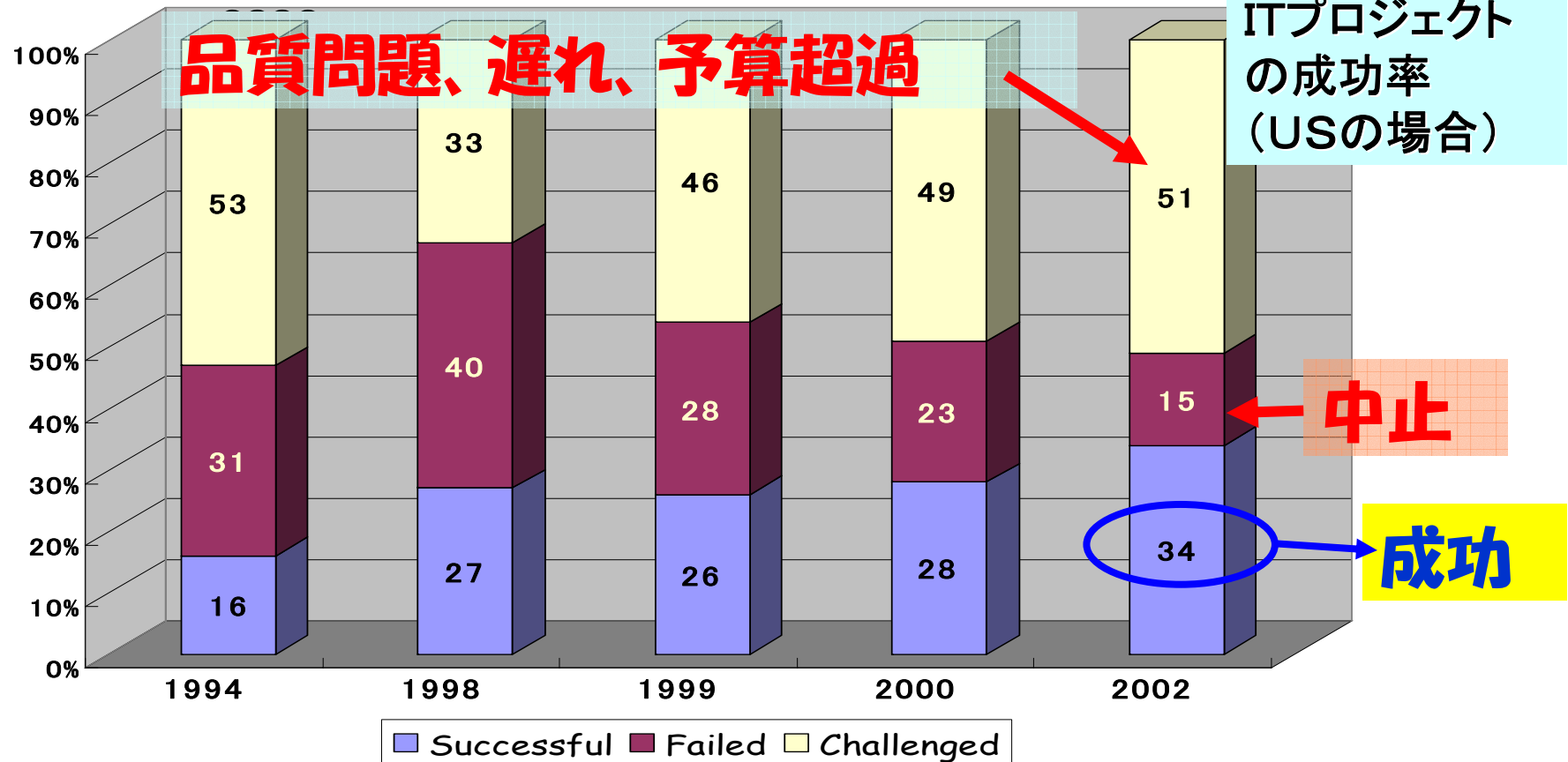
日本企業におけるITプロジェクトの成功率



日経コンピュータ2003.11.17,「特集プロジェクト成功率は26.7%」,pp50-71より

出典:<http://www.softwaremag.com/archive/2001feb/CollaborativeMgt.html>

IT Projects Success Ratio by Standish Group



Successful: completed on time and on budget, with all features and functions originally specified

Failed: canceled before completion, or never implemented

Challenged: completed and operational, but over budget, late, and with fewer features and functions than initially specified.

プロジェクト・マネージャとプロジェクト・スケジューリング

PMは

- 目的遂行のための手順・手筈を整え、周知徹底を図る
- 制約となるプロジェクトリソースを定義する
- ワークフローを管理・遂行する
 - 実行計画の立案・改訂
 - 遂行状況を把握する
 - 競合するリソースを認識し、定義し、作業割当てし、目的遂行のための軌道修正を続ける(PMの責務)

タイム・マネジメントを構成するもの

1. アクティビティ定義 (WBS作成)
2. アクティビティ順序設定 (Workflow, 工程定義)
3. アクティビティ所要期間見積り
4. スケジュール作成 (実作業日程)
5. スケジュール・コントロール

出来上がったスケジュールのみに着目しては、スケジュールのマネジメントはできない。WBSや順序設定と不可分の関係にあることの理解が重要。開始・終了の期日が設定されているプロジェクトにあっては、達成するための“戦略”が、スケジュールとして表現されているので、各タイム・マネジメントの要素についても、“戦略”と不整合のない精度、詳細さをもっている事が、達成可能性を高める上で重要である。

この章では、PERT/CPM/CCPMについて簡単に見てゆくが、スケジューリング技法はPM固有のものではなく、広く多くの分野で共通的に適用されているものであるため、生産管理、建築・土木、化学工学など、他の分野にも関心をもって参照されたい。

出典プロジェクトマネジメント知識体系ガイド(PMBOKガイド) 2000年版より

プロジェクト*のスケジューリング手法

PERT (Program Evaluation & Review Technique)

1957～1958 年、ポラリス・ミサイル開発短縮・コスト管理のために開発された手法。PERT/Timeが時間管理用でスケジューリングとレビューの手法。ちなみにPERT/Costはコスト管理の方策であり、現在ではEVMがそれにとってかわった。

CPM (Critical Path Method)

化学プラント管理用にデュポンとレミントンランドが開発したものだが、PERT/Timeと極めて似ているので、ここでは省略。ただし、医療分野では治療過程を決めるための手法として近年重視されており、Critical Path Methodなどの略称がつけられている程である。

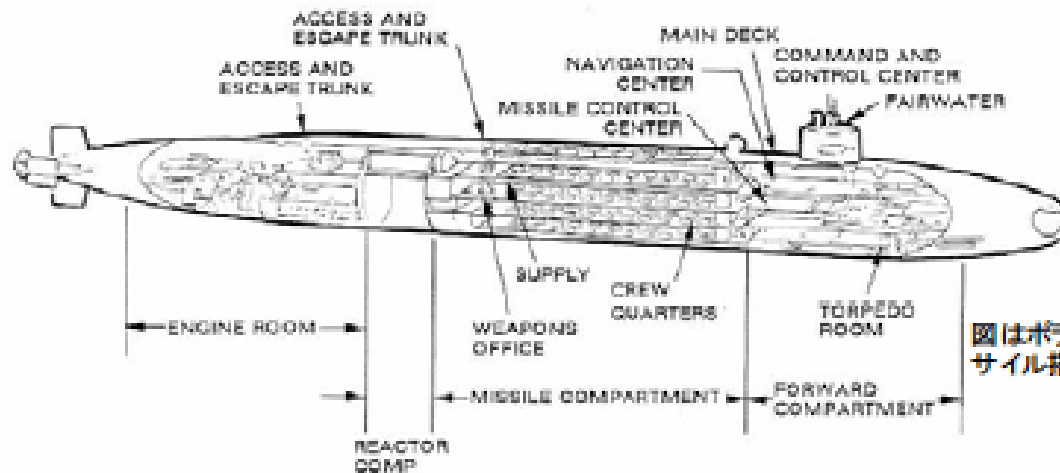
CCPM (Critical Chain Project Management)

エリヤク・ゴールドラッド氏が1970年代末までに発案したTOC(サプライチェーン等多方面に応用されている制約条件の理論)を、1997年にプロジェクトのスケジューリングに適用して発表した手法。兼任を防いだり、共用の時間バッファや、調達バッファを設けプロジェクト期間を徹底的に短縮。

* 注) 繰返し型作業のスケジューリングの代表的なものは、生産に代表されるフローショップ・スケジューリング(仕事の順序が常に同じ場合の最適化)、ジョブショップ・スケジューリング(順序や組み合わせが変えられるときの最適化)などであり、一度限りのプロジェクトとは基本的に異なる。

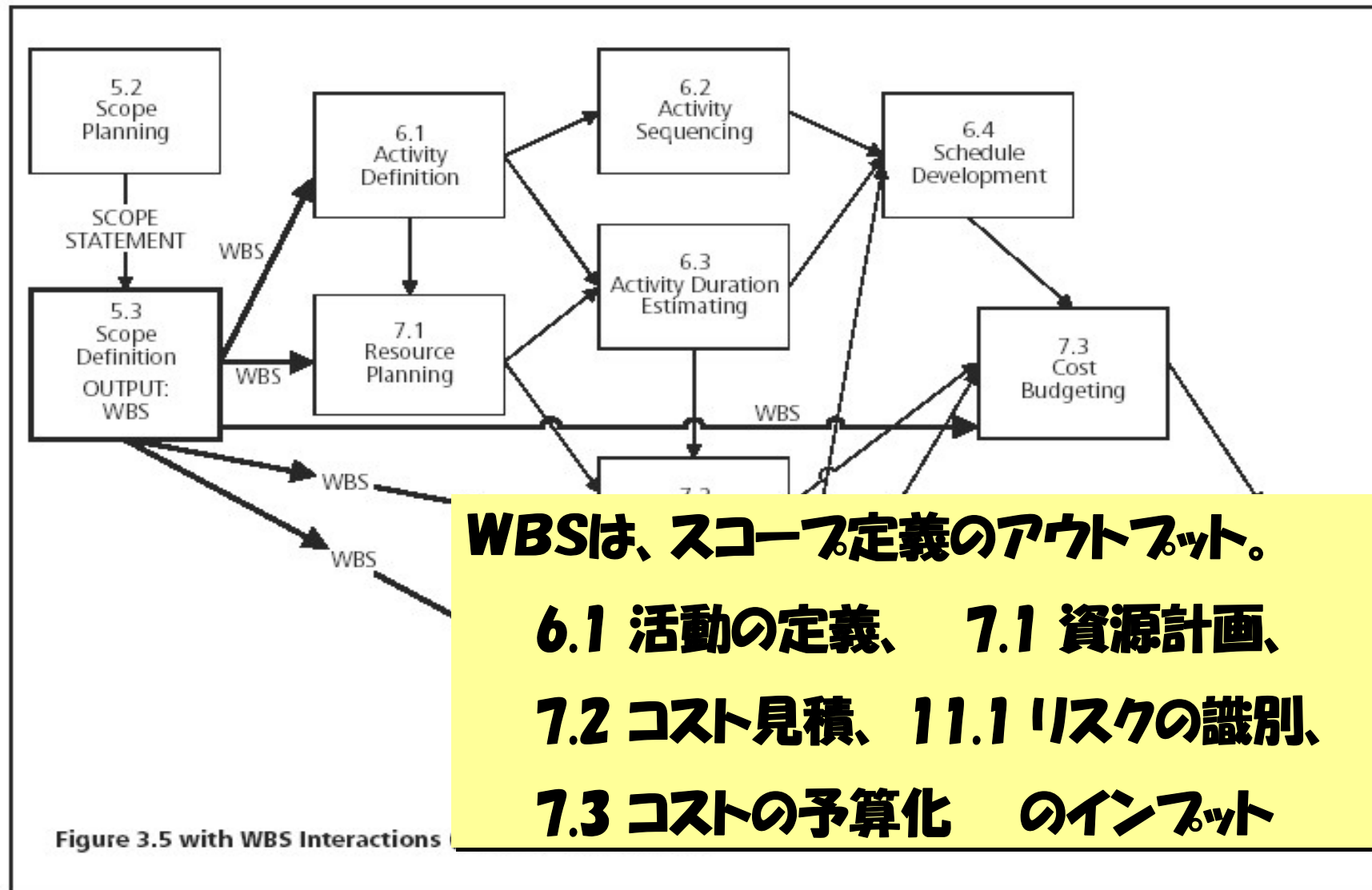
PERTによるスケジューリング手順

1. WBSを作成。各作業毎に①先行する必要のある作業、②作業負荷、③資源を分析・割当て。
2. スケジュールのネットワーク図(PERT図、あるいはアローダイアグラム)を作成。各作業におけるフロート(余裕時間)を分析し、開始時期/完了時期を(最早・最遅を見た上で)設定。
3. 設定スケジュールで、所要資源の時間的変化等を計算し、スケジュールの組み方を最適化していく。



図はボラリスの後のトライデント・ミサイル搭載原子力潜水艦 Maine

PMBOKでのWBSの位置づけ



WBSの作成時の考慮点

局面・タスク名: 内部設計～単体テスト				1	要件定義	104日
				1.1	DFD現物理モデルを作成する	16日
					モデルを作成する	16日
					ダイアグラムを作成する	6日
					記述する	2日
					用いて詳細化範囲を検討する	1日
					範囲内におけるLevel-xを記述する	3日
					データストア定義を作成する	5日
				1.1.1.3	現物理DFD-データフロー定義を作成する	10日
				1.1.2	現物理DFDのをお客様と確認し合意する	1日
				1.2	DFD新論理モデルを作成する	104日
				1.2.1	P1PJの(仮)機能範囲を記述する	2日
				1.2.2	P1PJの(仮)機能範囲をお客様と合意する	1日
				1.2.3	P1PJのLOVEMを詳細化する	36日
				1.2.3.1	コンサルの成果物(ドラフト)を入手する	1日
				1.2.3.2	LOVEM①(設計プロセス:技官受付まで)	5日
				1.2.3.2.1	詳細化を実行	3日
				1.2.3.2.2	不明点をコンサルに確認	1日
				1.2.3.2.3	不明点をお客様に確認	1日
				1.2.3.3	LOVEM②(設変依頼書がトリガーになるプロセス)	5日
				1.2.3.3.1	詳細化を実行	3日
				1.2.3.3.2	不明点をコンサルに確認	1日
				1.2.3.3.3		1日
				1.2.3.4		5日
				1.2.3.4.1		3日
				1.2.3.4.2	不明点をコンサルに確認	1日
				1.2.3.4.3	不明点をお客様に確認	1日
				1.2.3.5	LOVEM④(工程品番登録プロセス)	5日
				1.2.3.5.1	詳細化を実行	3日

Topdownでまとめる?

Bottom Upでまとめる?

名詞型でまとめる?

動詞型でまとめる?

段階的詳細化

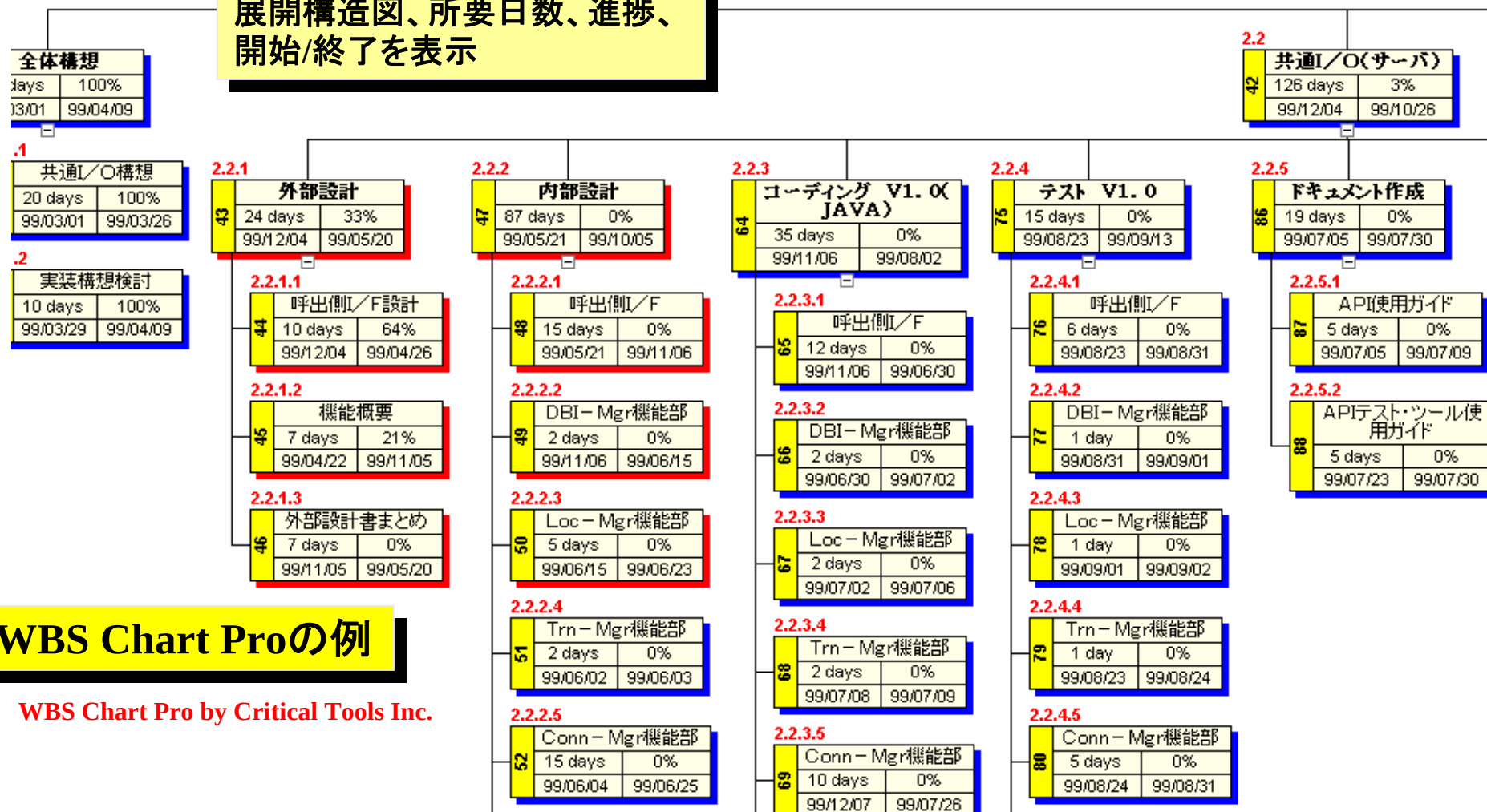
プロジェクトにおいては、段階的詳細化によって、不確定要素を有期性のマネジメントと統合する。つまり独自性のある成果物の達成には、製品やサービスの特性は徐々に段階的に詳細にして行かねばならない。WBSの詳細さを上げてゆくことによって、タイム・マネジメントの各要素の精度もあがってゆくため、プロジェクトのどの段階でも、予想/予定と実績/実態との差を把握し、不断に軌道修正する必要がある。そのための指標を提供するのが、スケジュールである。WBSは、スコープ・マネジメントの出力であり、タイム・マネジメント、コスト・マネジメント、リスク・マネジメントへの入力として、重要である。

1. アクティビティ定義 (WBS作成)
2. アクティビティ順序設定 (Workflow, 工程定義)
3. アクティビティ所要期間見積り
4. スケジュール作成 (実作業日程)
5. スケジュール・コントロール



WBS 作成ツールの例

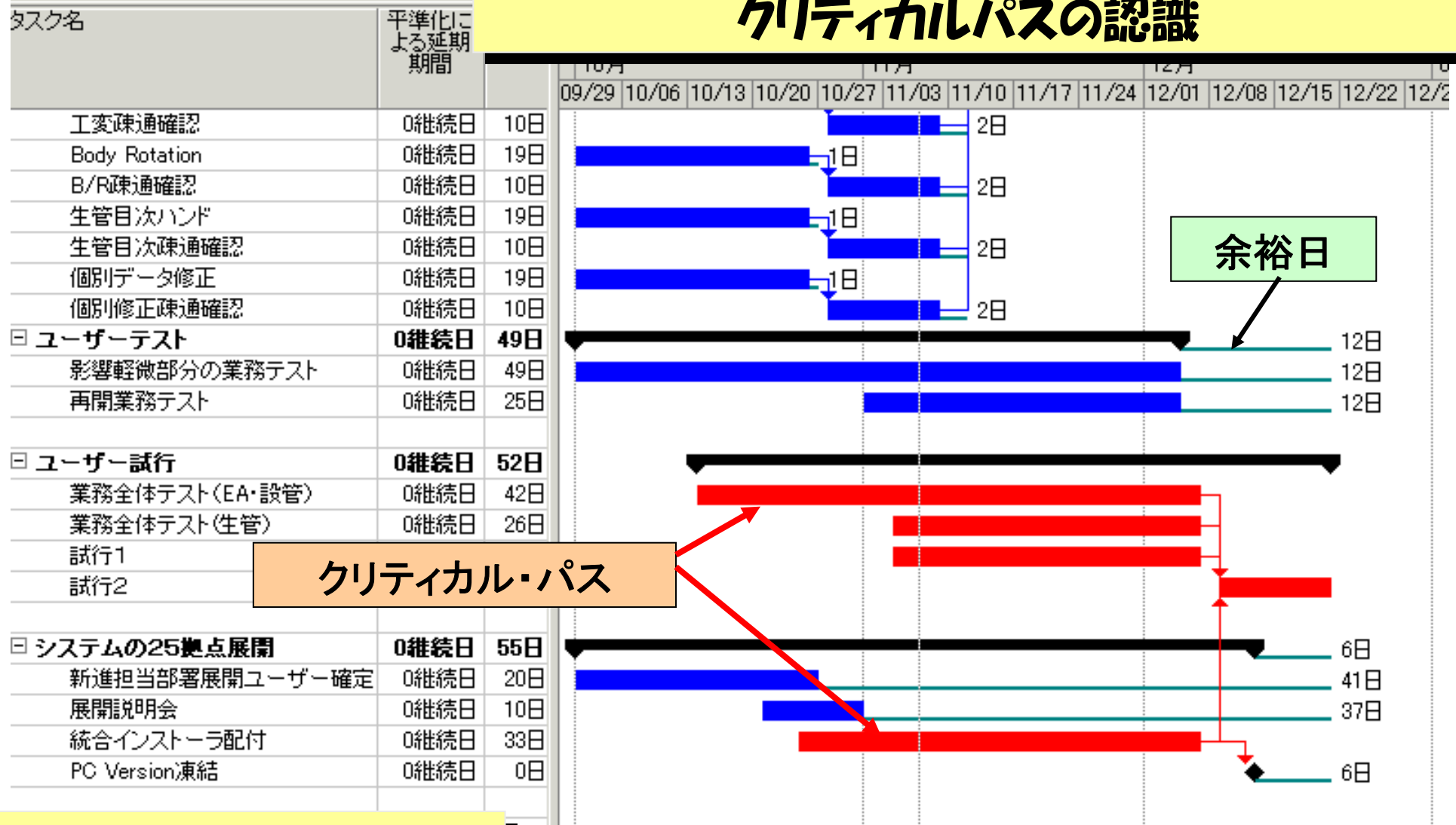
展開構造図、所要日数、進捗、
開始/終了を表示



WBS Chart Proの例

WBS Chart Pro by Critical Tools Inc.

クリティカルパスの認識



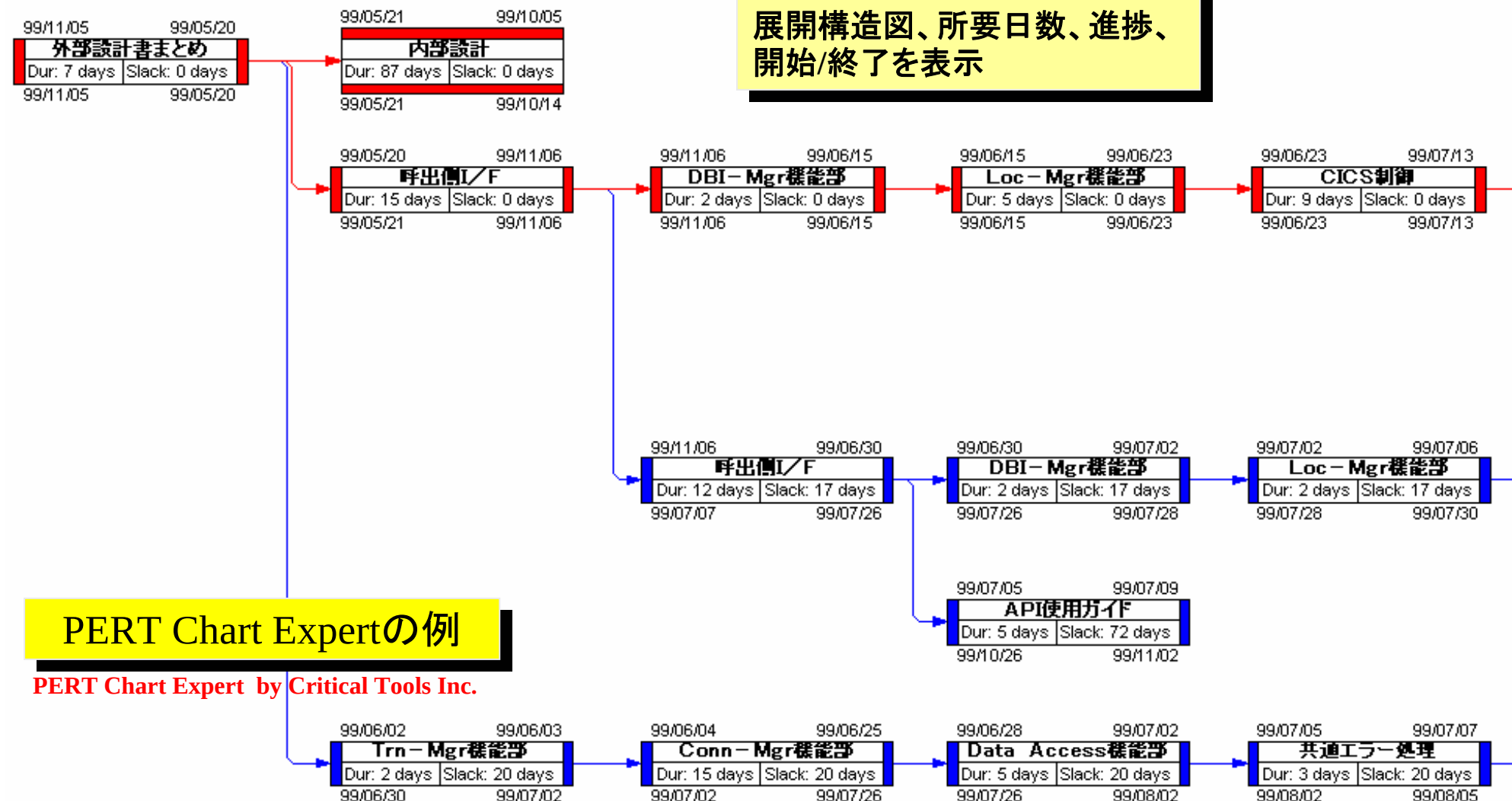
MS Projectの例



99/07/05	99/08/31
管理の仕組み構築	
Dur: 35 days	Slack: 42 days
99/09/09	99/11/02

PERT図作成ツールの例

展開構造図、所要日数、進捗、
開始/終了を表示



PERT Chart Expertの例

PERT Chart Expert by Critical Tools Inc.

スケジューリングの考慮点

ITプロジェクトの特徴

1. 仕様を一義的に確定させられない
2. 引渡完了後まで、コスト確定できない
3. 労働集約型の仕事
4. サイエンスになりきれず、アートの要素が強い

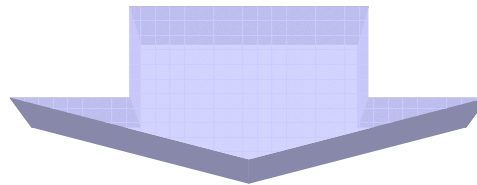
➡ プロジェクトマネージャー個人の力量に依存

結局人……でしゅうか？



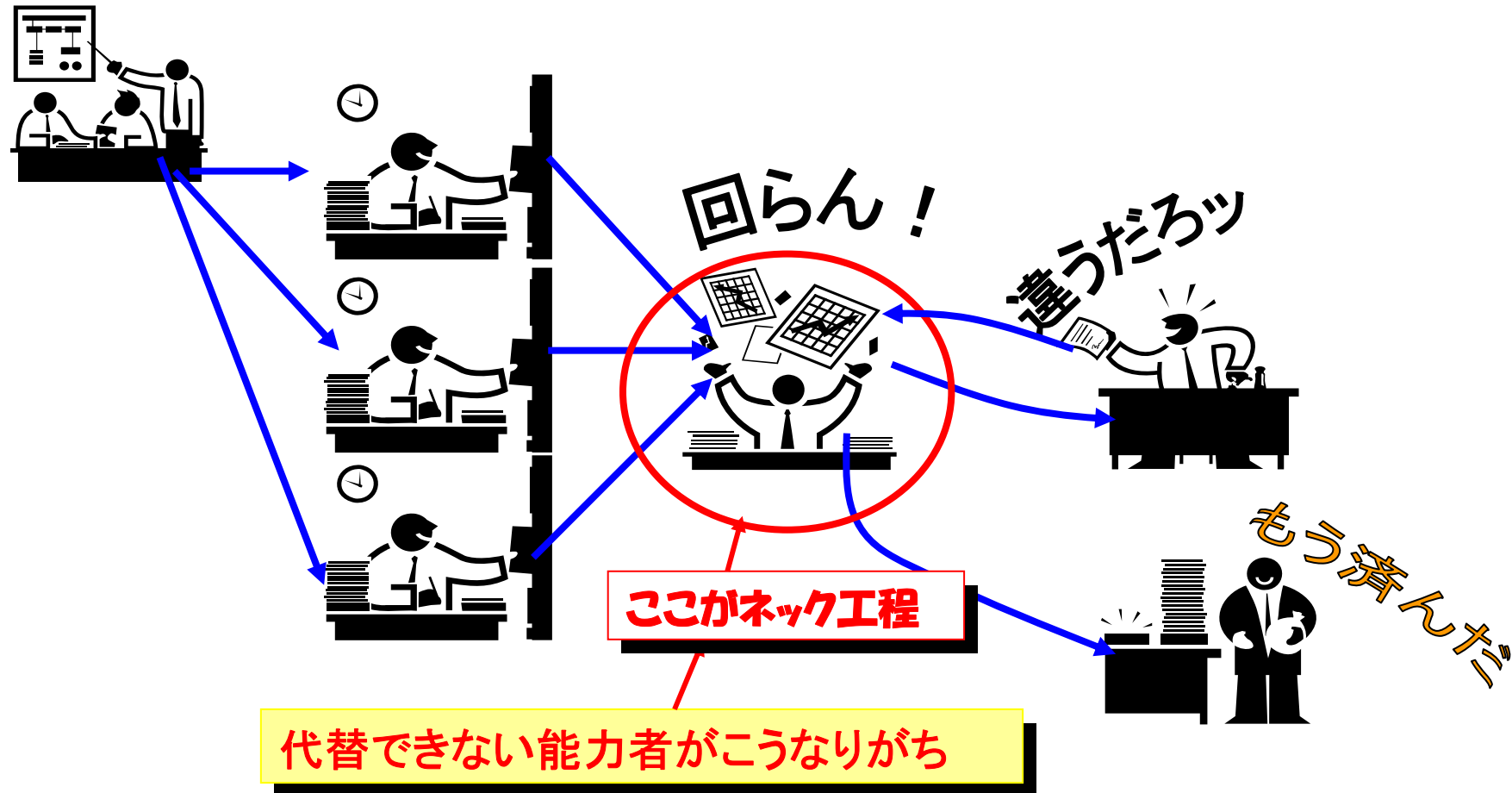
最近のITプロジェクト計画の技術的な難しさ

1. ITシステムの形態の多様化、選択肢による相違大
2. 新技術と新形態登場(内容変化)のスピード
3. よい代替案のためには常に新鮮な情報が必要
4. 一層強まるWebサービス系プロジェクトでの期間短縮ニーズ
5. 個人差の大きい小規模プロジェクトの見積り
6. ミッション・クリティカルなWeb系の品質マネジメントニーズ



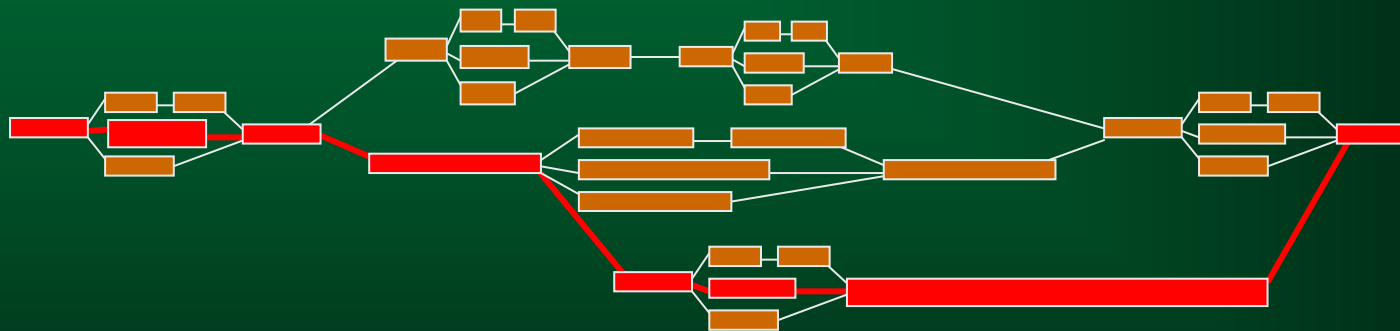
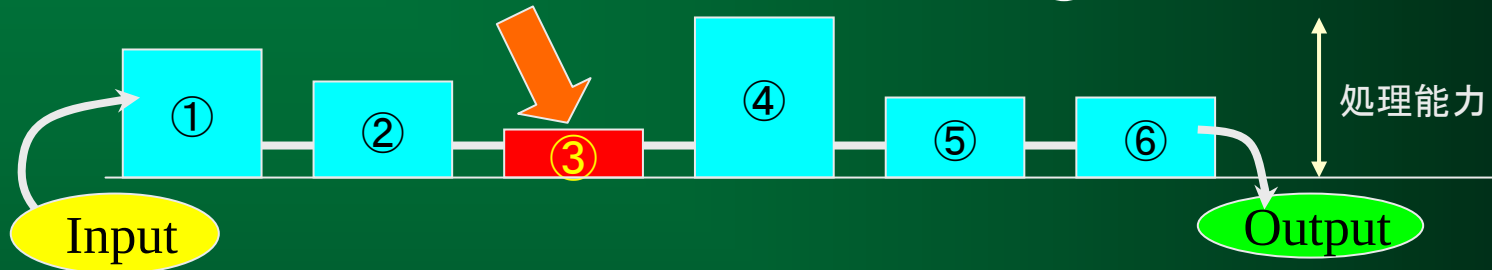
**古いIT分野のPMや、自己流にとらわれない、
「普遍的」プロジェクトマネジメント知識体系が必要**

負荷の偏りとネック工程の把握



クリティカルパス=(ボトルネック工程の検出)

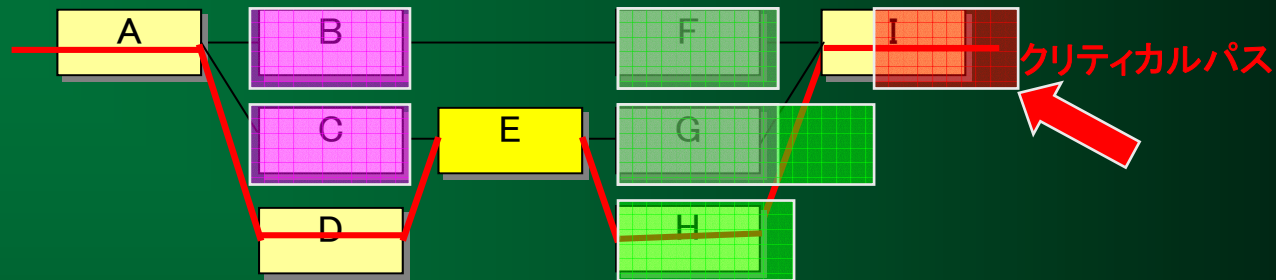
この一連のプロセスの処理能力は③の制約によって決まる



複雑なプロセスになっても、この中の最も処理能力の低いプロセスの制約によって、全体の処理能力が決まる事は変わらない。

日程計画の観点から最も時間のかかる一連のプロセスをクリティカルパスとよび、全体の処理所要期間はクリティカルパスの制約によって決まる。

クリティカルパス=(ボトルネック工程の検出)

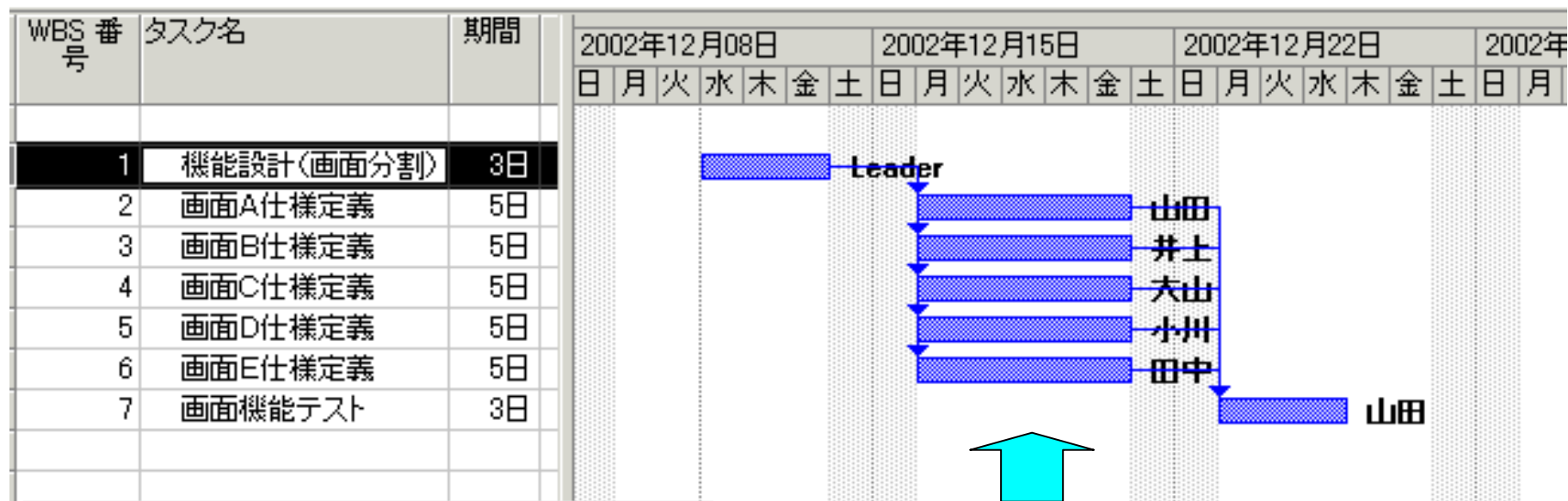


4) : 現実には、工程ネットワークのクリティカルパスに加えて、特定**リソースのネック**が発生する。

(業務レビュー者、グループリーダーなど
キーリソースの競合)

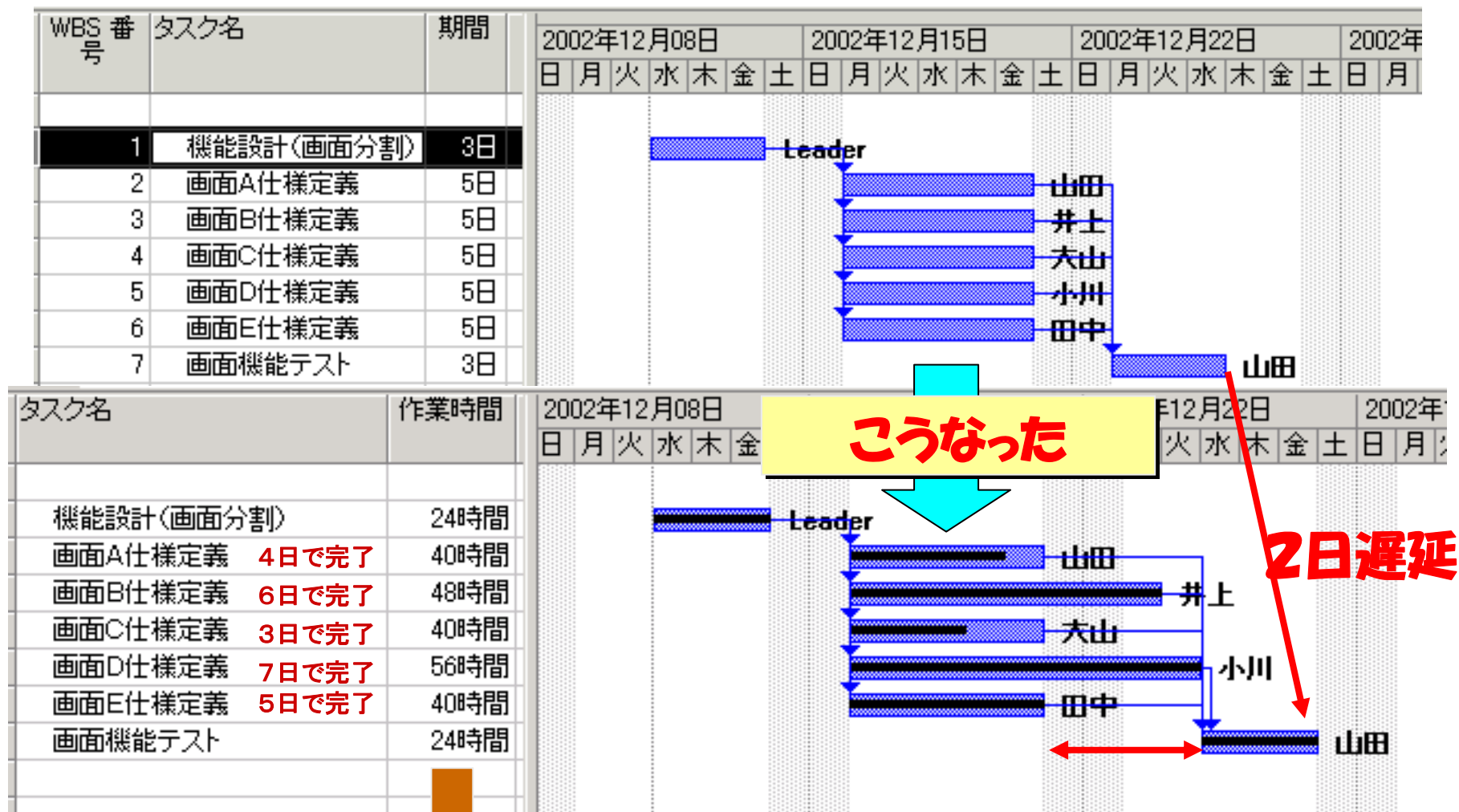
なぜ、スケジュールは遅れるのか？

ある機能を5画面に分割し、仕様定義の上、スルーテストを行うCASE



生産性基準値 = 1画面 / 5人日

こうするつもり

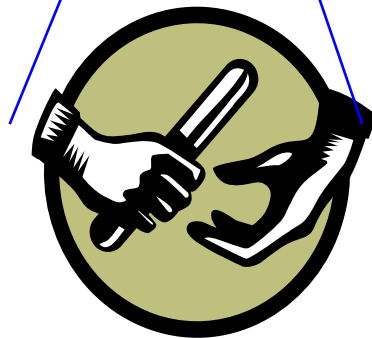
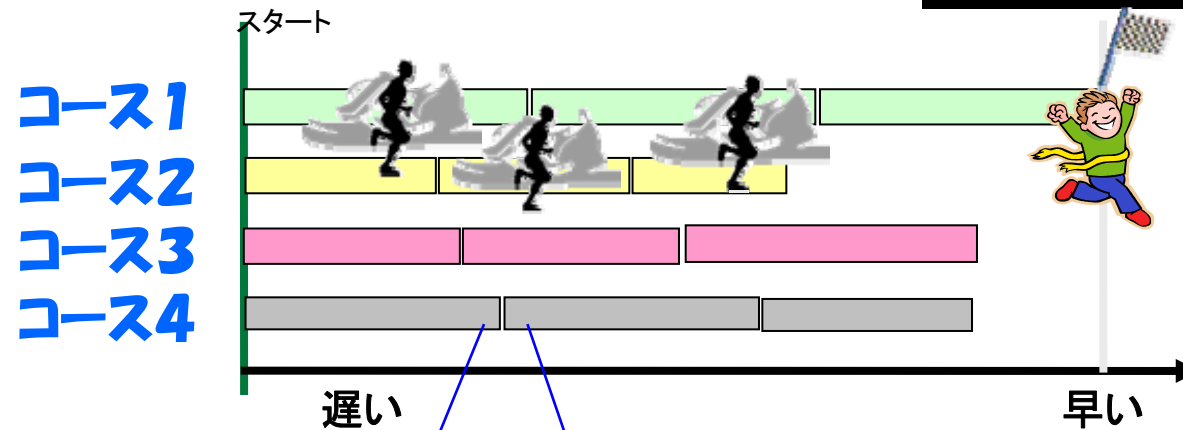


平均生産性: 1画面／5人日達成
計画通りの生産性達成

でも

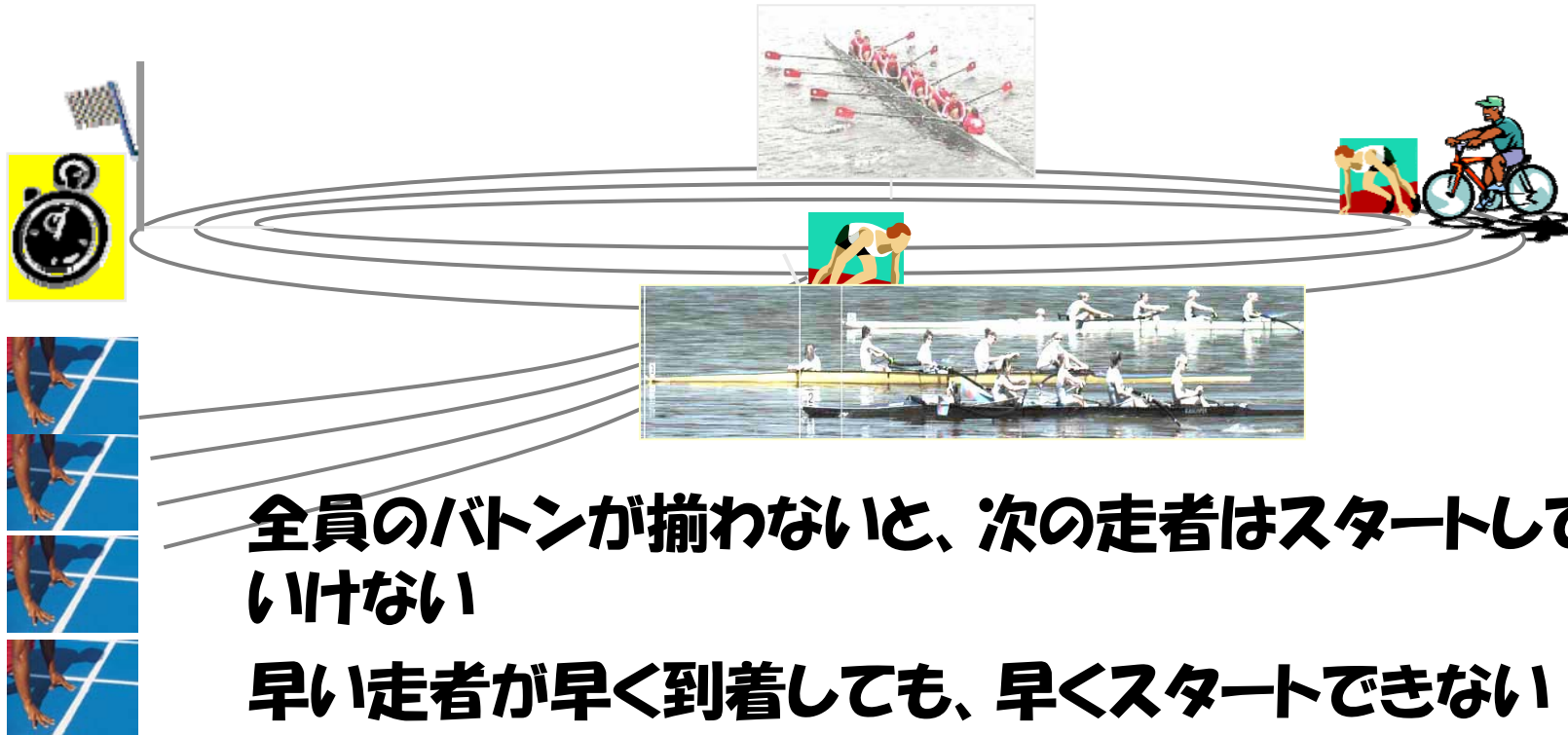
進捗レース:コースごとに競技が完結している場合

= コース単位で競争する



**前の走者が到着しないと次の走者は、
スタートしてはいけない**

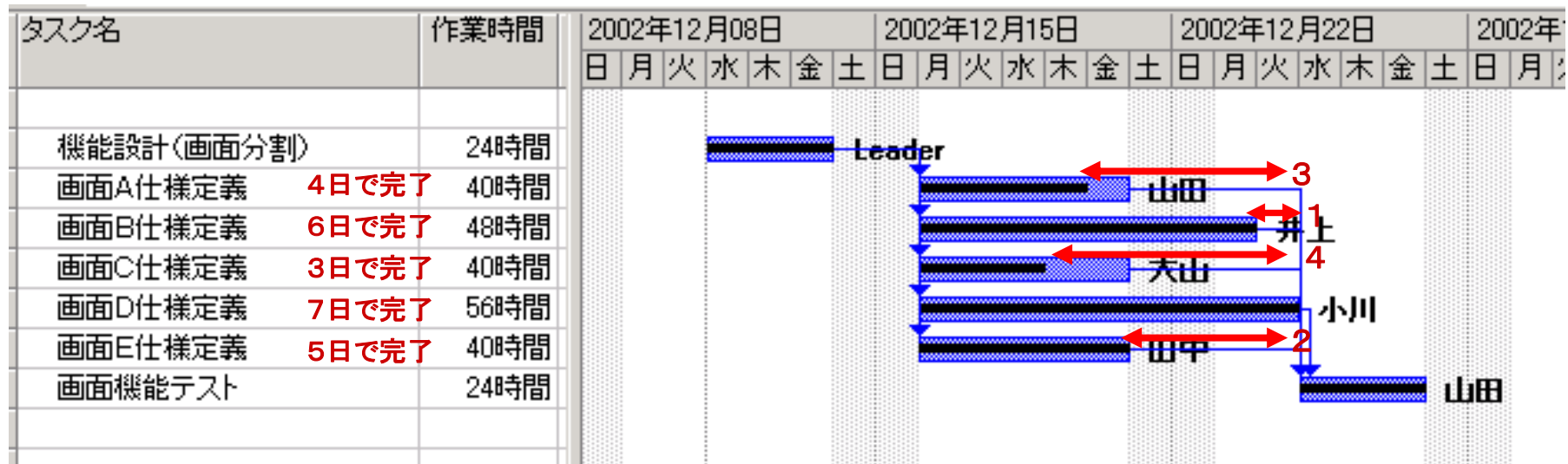
こんな複数走者リレーなら？



全員のバトンが揃わないと、次の走者はスタートしてはいけない

**早い走者が早く到着しても、早くスタートできない
遅れると、必ず次の走者のスタートを遅らせてしまう**

チームの成績は、遅い競技者の成績に依存する



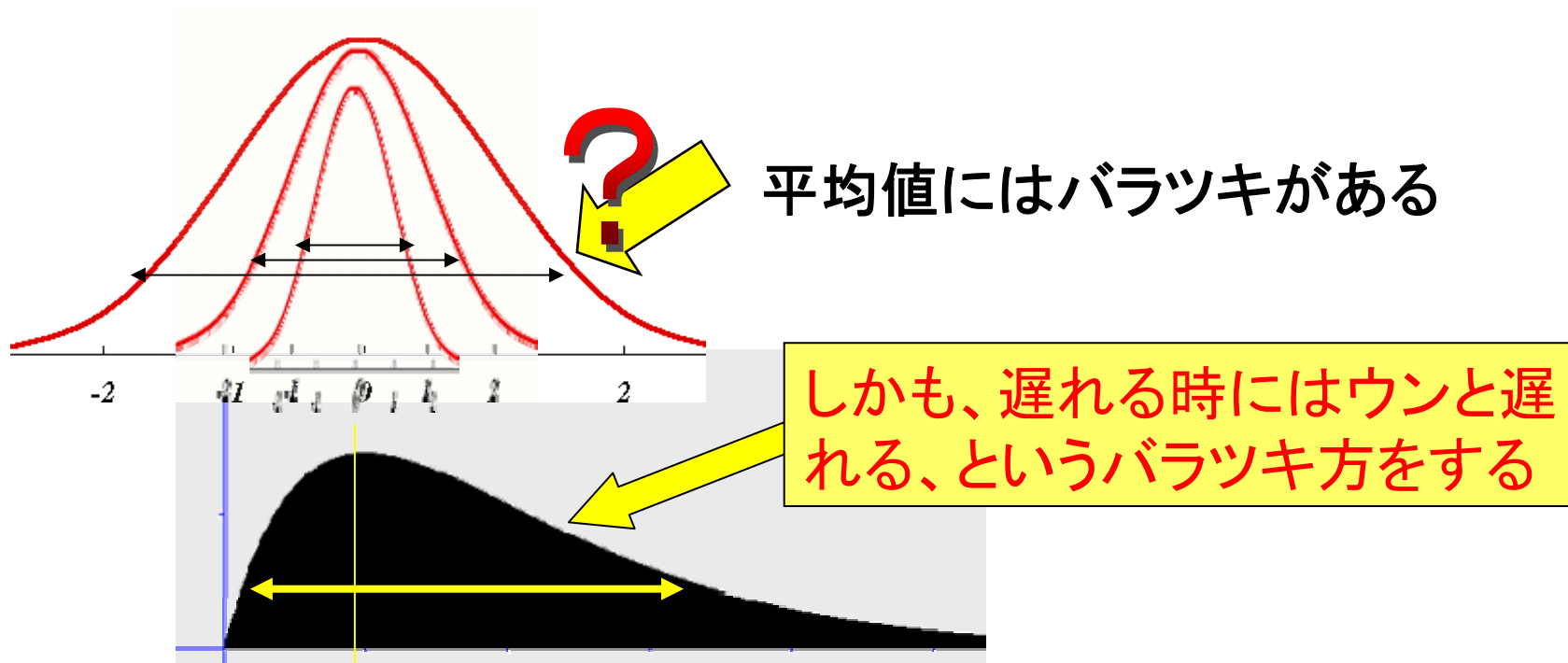
早く終わった効果は次工程には伝わらない

遅れは次工程の遅れとして必ず伝播

早く終了できる能力は、決して発揮されない

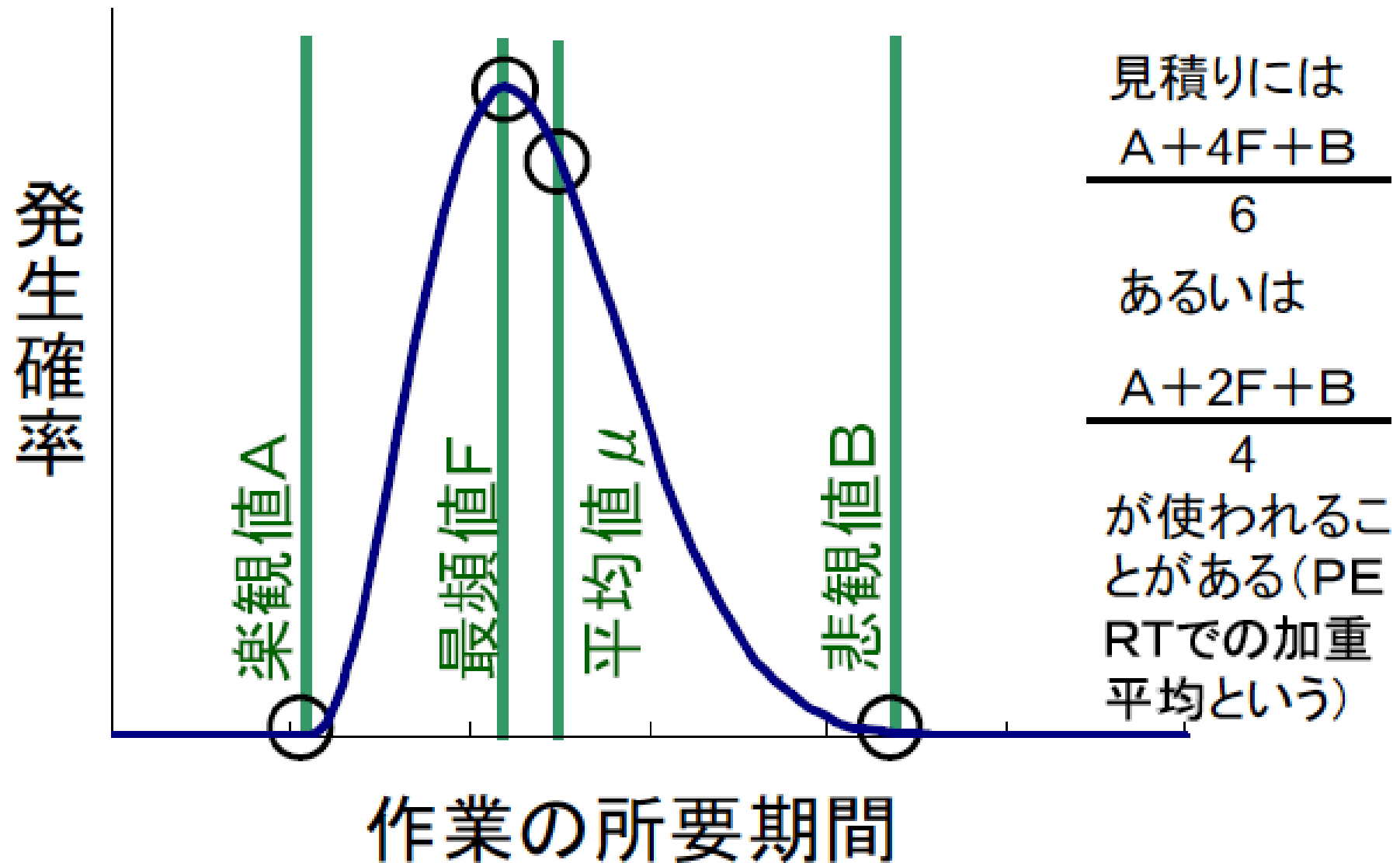
なぜ？

生産性基準値とは過去の平均値

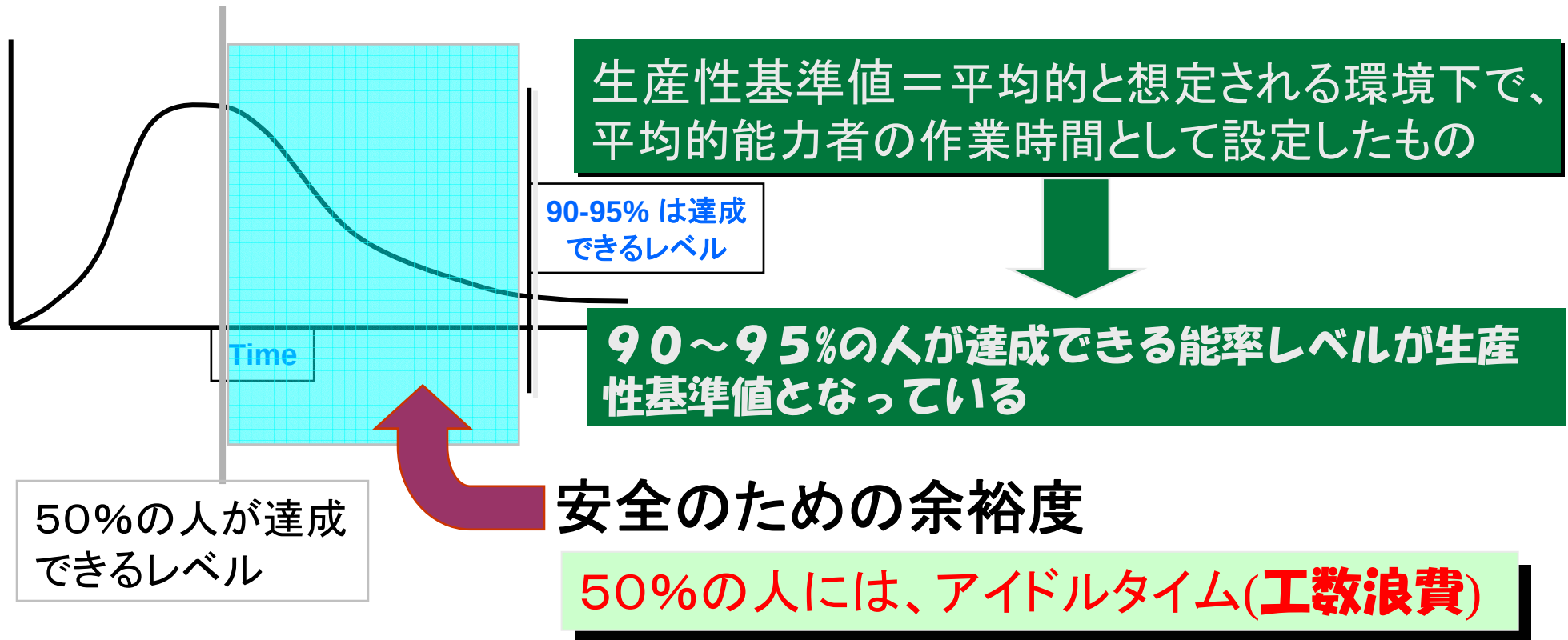


- ①生産性のバラつきを制御する(バラつきの実態を把握する)
標準化する、訓練する、方法論を統一する、ツールを活用する
- ②「当たる見積」を要求しない。
「見えない浪費工数」の削減追求(＝見える化を図る)

初作業の所要期間はベータ分布しやすい

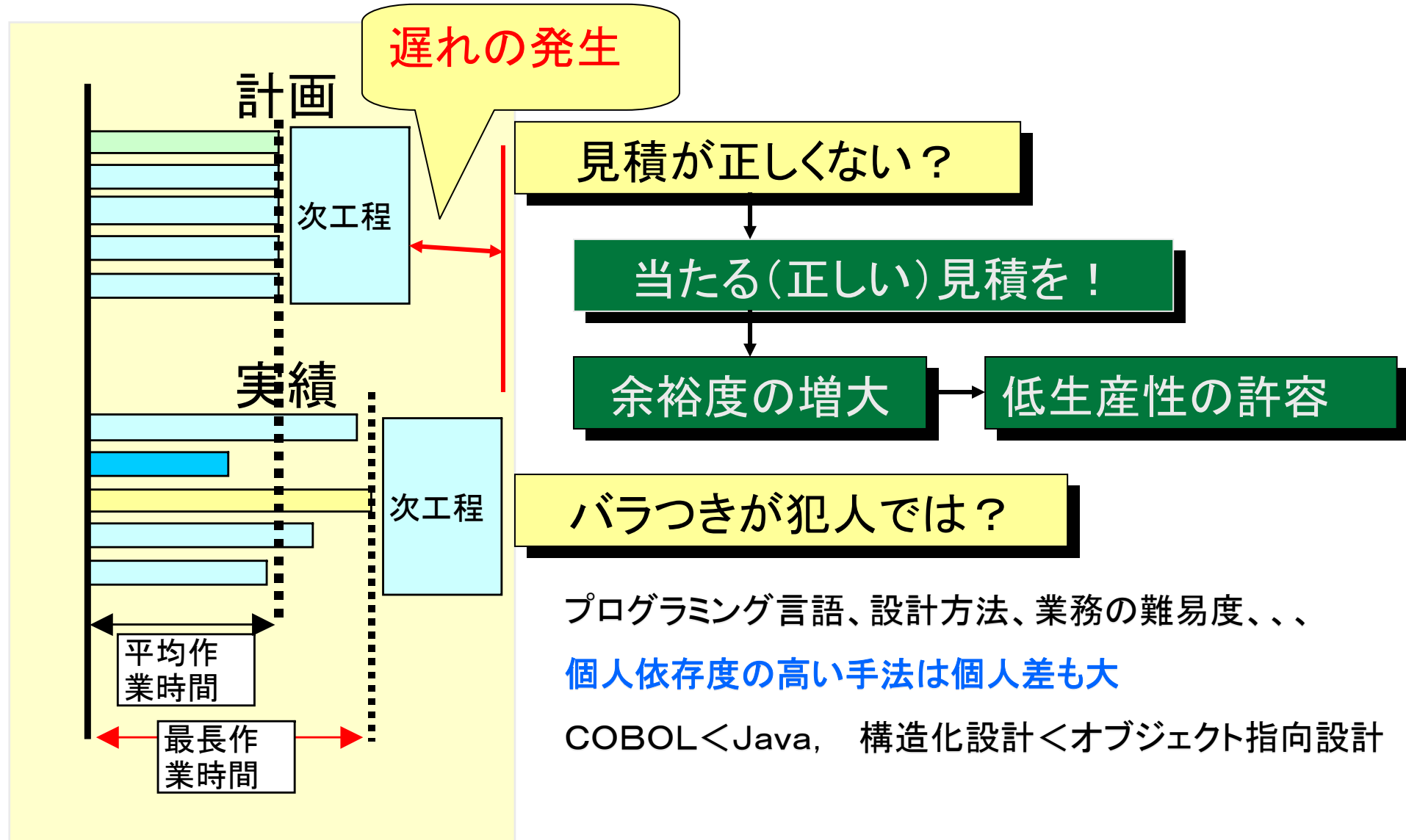


生産性基準値＝平均作業時間

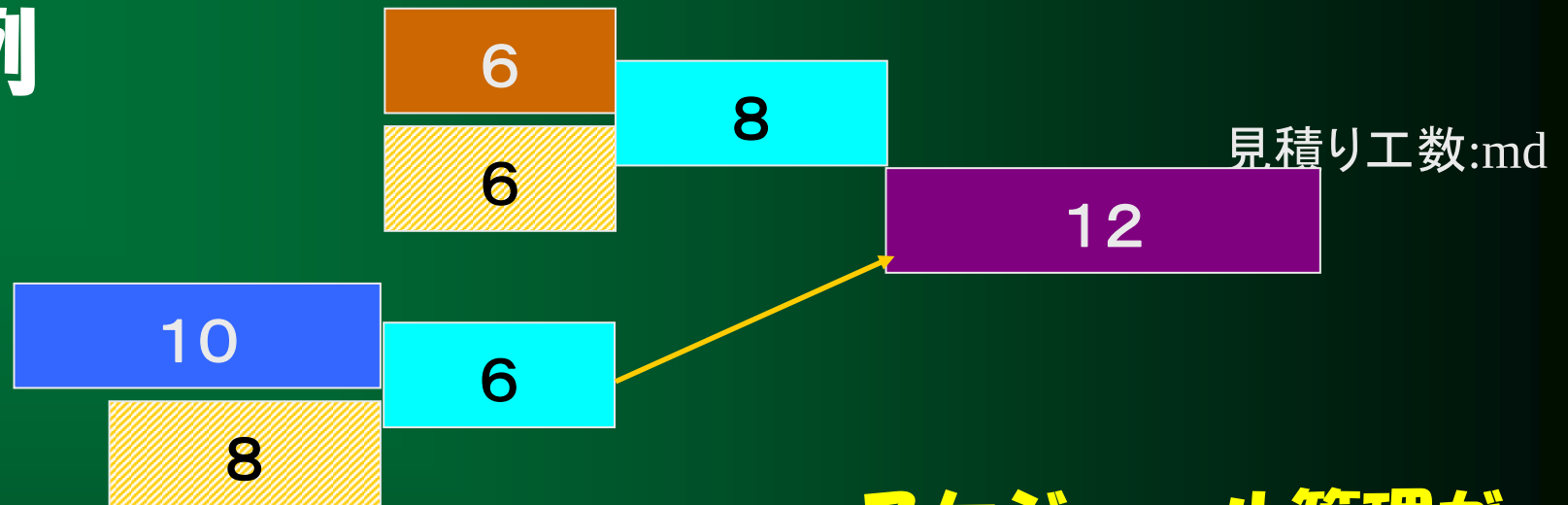


なぜなら、早く終わっても、次工程は早く始まらないから

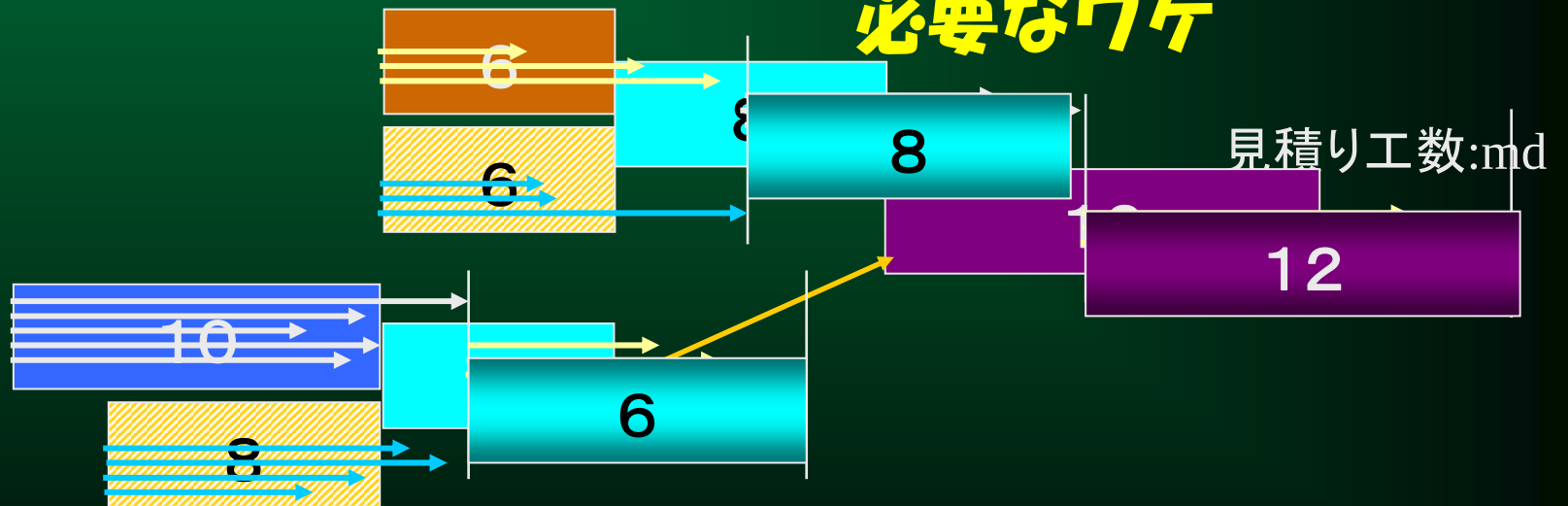
個別能力差のバラつきによる揺れ=遅れ



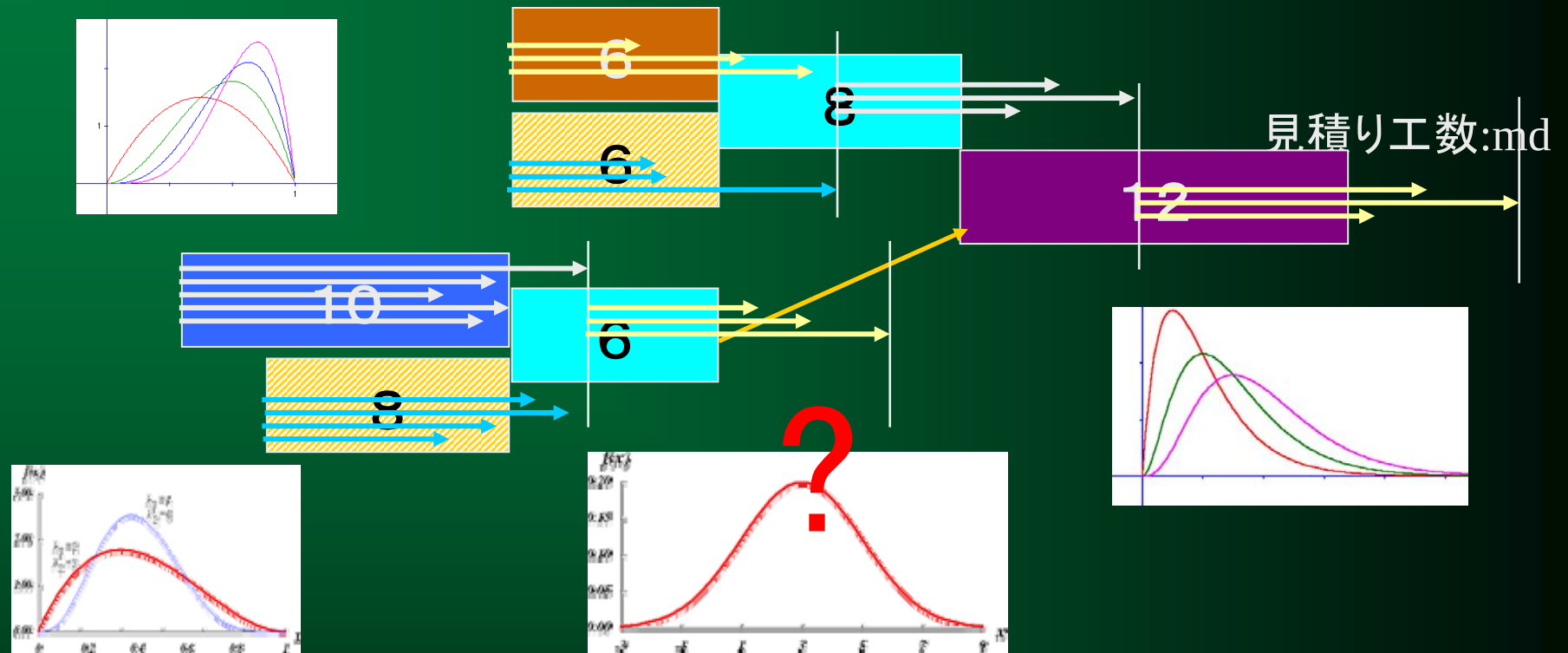
例



スケジュール管理が
必要なワケ



作業内容によって、バラつき方には差異が生じる



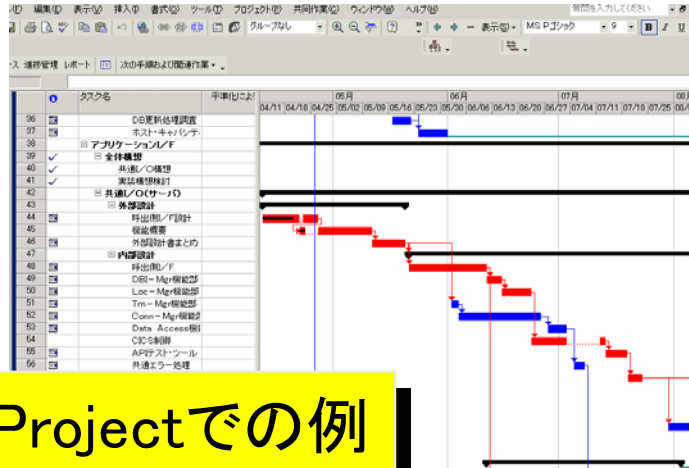
各工程の能率にバラつきがある限り、工程ネットワークは遅れる

遅れがもっともインパクトのある工程は＝クリティカルパス

クリティカルパスの把握と管理

1) 適切なToolの適用

2) 進捗実績と連動した把握



MS-Projectでの例

3) クリティカル・パス対策

- ・ クラッシング (増員検討)
- ・ ファスト・トラッキング (パラレル化の検討)

クラッシング(増員対応) について

- 作業者を大量動員するには、単能技術者として調達するしかないため、分業と標準化が必要。
 - 量をさばく作業しか、効果はない
 - どうすれば複雑な作業を単純作業に転換できるかが勝負。
- 細分化、分業化を進めると、単能機能を組み合わせる接合機能が必要となる。
- 人が増えると、間接要員も増える。
- 情報の授受階層が増えると、情報の流れは格段に悪くなる。

Health Check : RAMを確認する

Figure 9-2. Responsibility Assignment Matrix

PERSON \ PHASE	A	B	C	D	E	F	...
Requirements	S	R	A	P	P		
Functional Design	S		A	P		P	
Development	S		R	A	I		P
Testing		R	S	A		P	P

P = Participant A = Accountable R = Review required
 I = Input required S = Sign-off required

PMBOKより

役割が明確でない人は、プロジェクトには不要

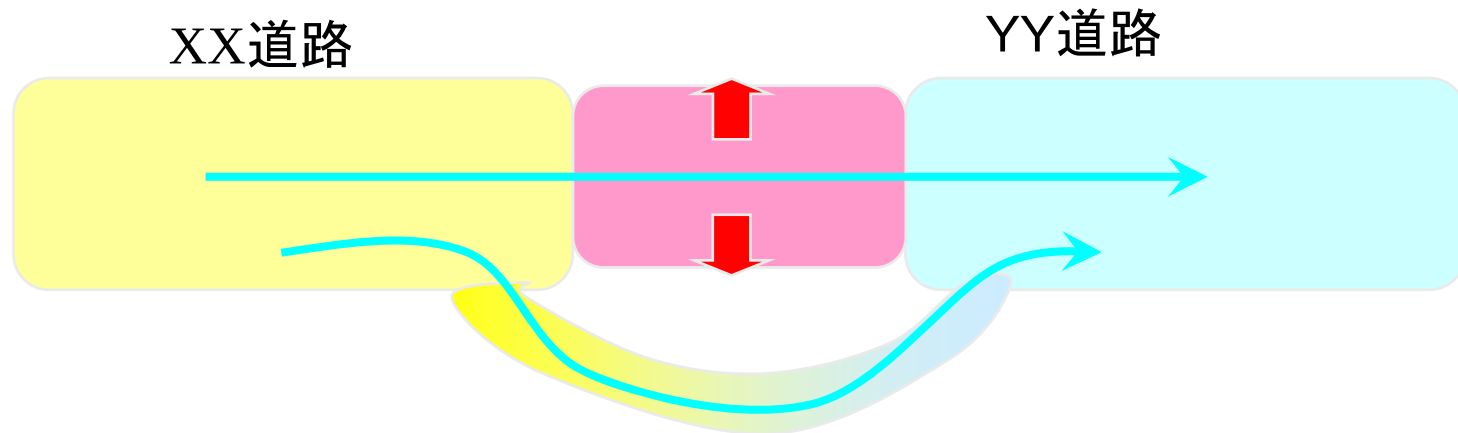
(RAM: Responsibility Assignment Matrix)

スケジュール取り戻しの検討ポイント



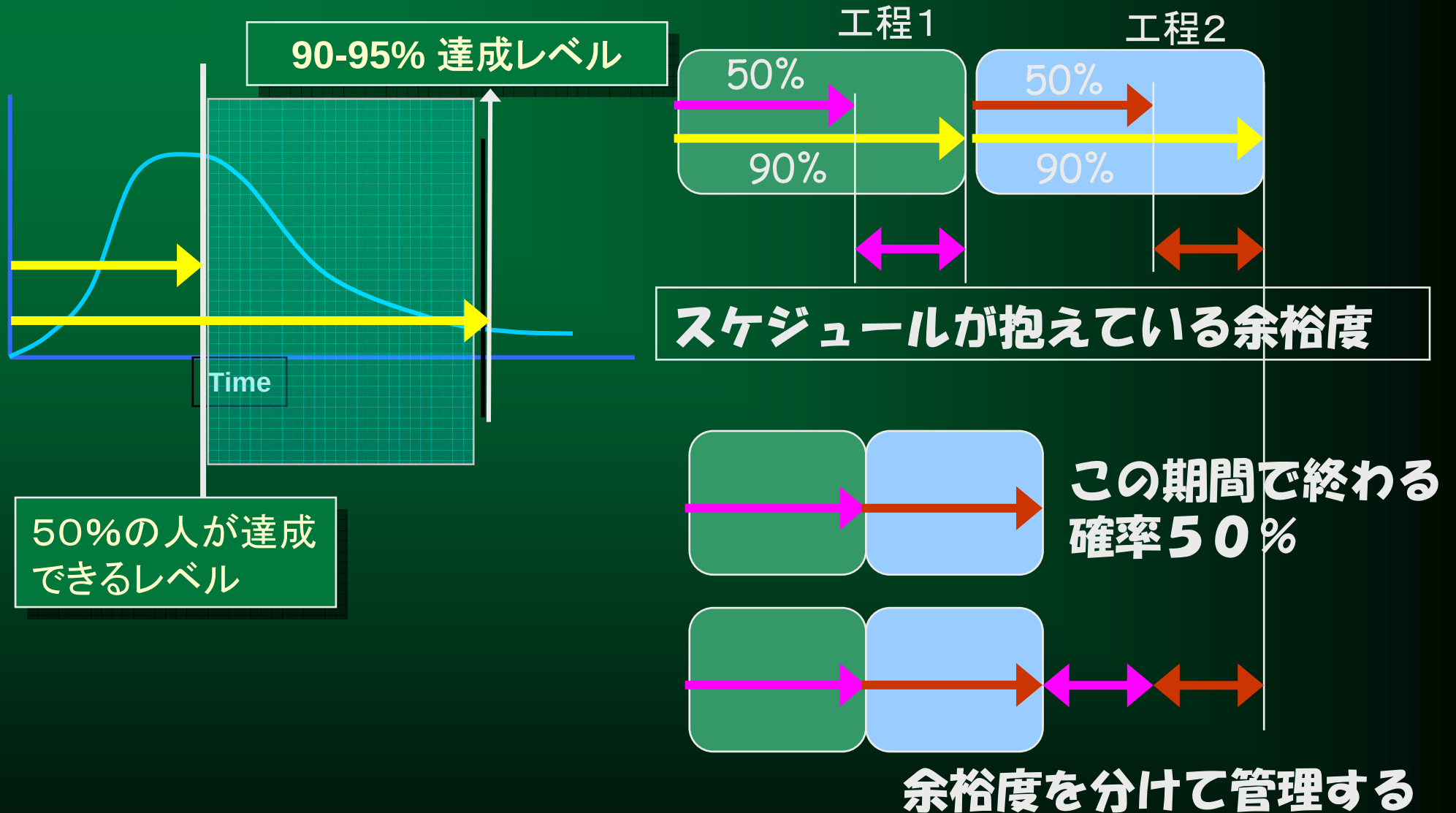
解決策

① ネック工程能力増強(Crushing)

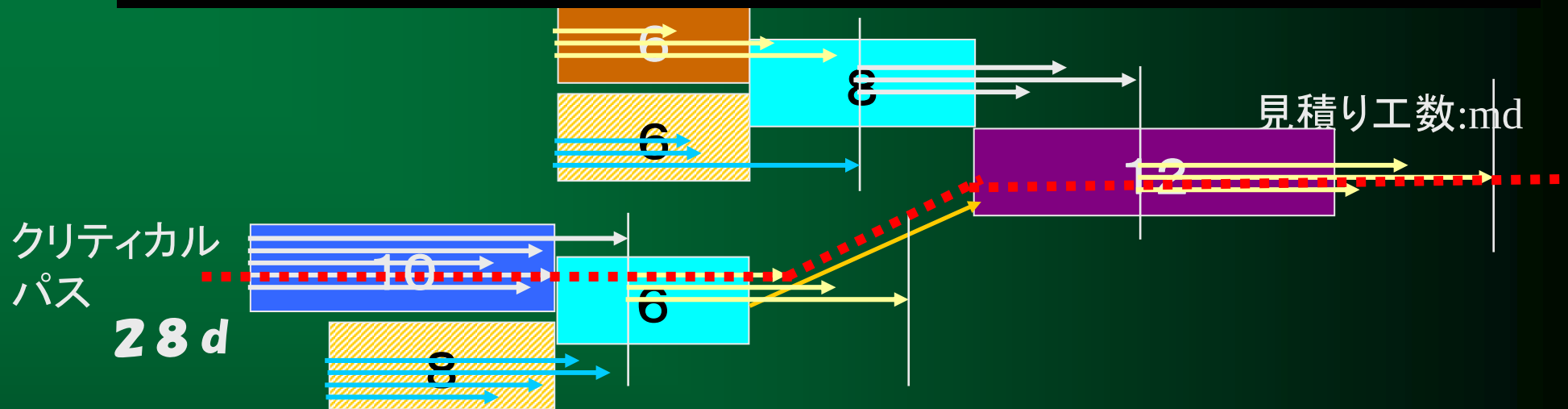


② 迂回路の建設(Fast Tracking)

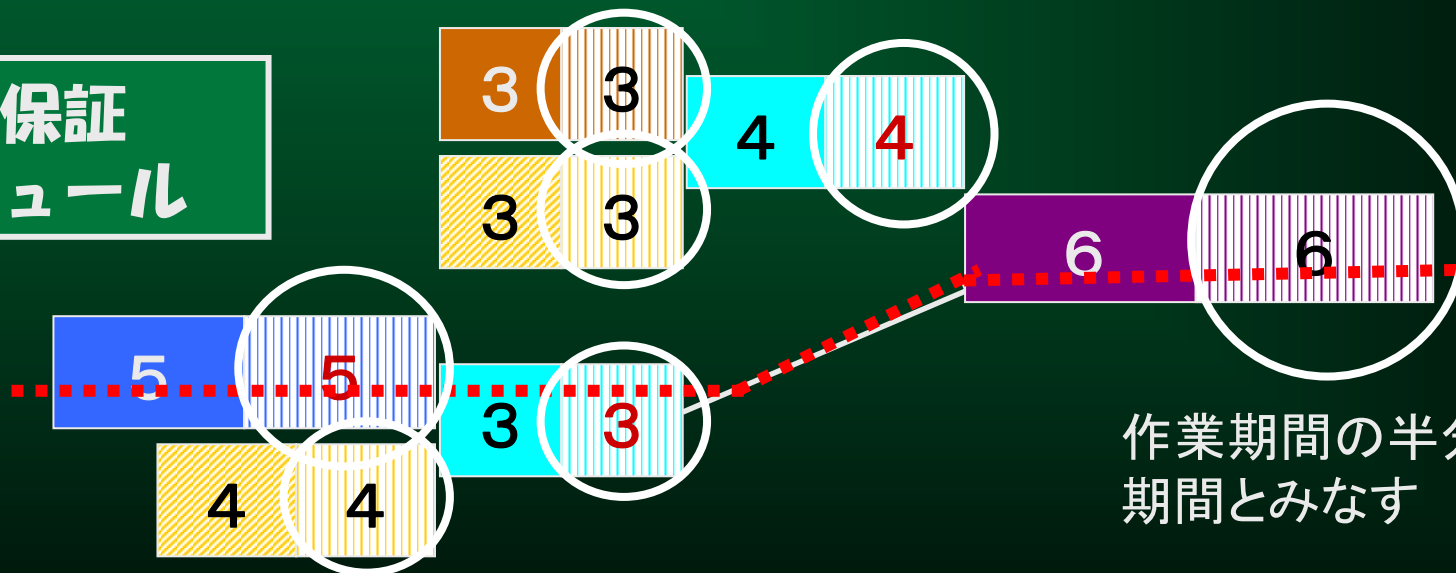
③ ネットワークの組み方を見直してアイドル排除-1



③ ネットワークの組み方を見直してアイドル排除-2

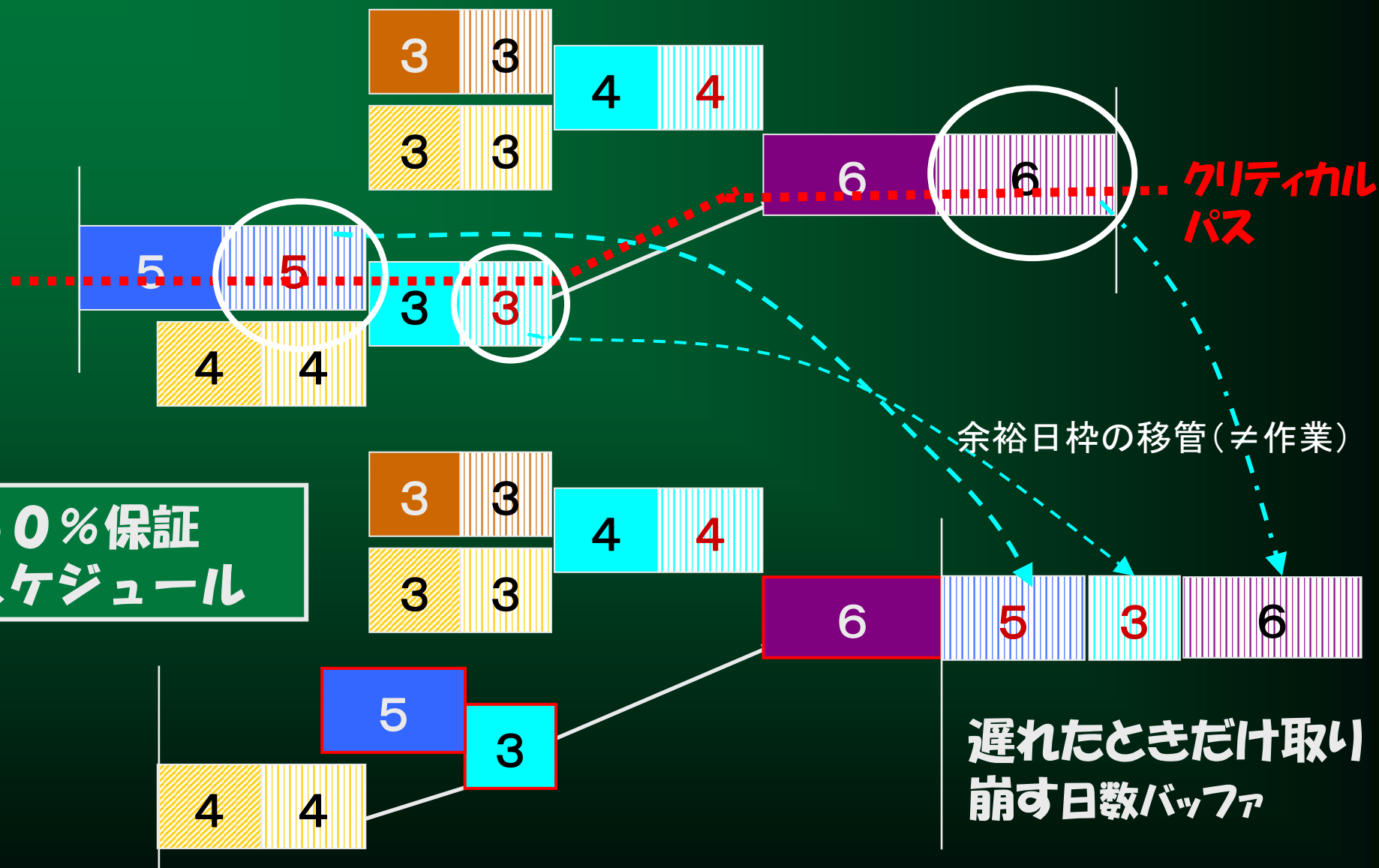


50%保証
スケジュール



作業期間の半分を安全
期間とみなす

③ ネットワークの組み方を見直してアイドル排除-3



CCPMの例として過去挙げられたもの

制約理論(TOC)適用例

- ハリス・セミコンダクター
半導体工場の建設: 過去29ヶ月 → 11ヶ月に短縮
- シーゲート・テクノロジー
15,000rpm HDD開発: 期間をTOCで5週短縮
- ハビタット・グループ
住宅建設最短記録4時間45分 → 3時間45分を達成

PM分野での取り組み

- クリティカル・チェーン・スケジューリング (CCS) / バッファーマネジメント (BM) として2003年頃まで議論が活発
- 日本でも研究対象になっている例は多い
- PM学会地方各支部研究会でも取組

急がば回れ！

作業計画立案を見直す(WBSから再作成)

クリティカルパスを見ながら、要員配置案を練る
(ネックプロセスの抽出)

クリティカルパス、クリティカルチェーンを定義する

クリティカルパスを短縮する策を検討する
(クラッシング／ファーストラッキング)

まずここまでを

クリティカルチェーン・スケジューリング

確率分布を勘案したバッファ・マネジメントの検討

CCPM関連ツール

- ProChain Solutions, Inc. <http://www.prochain.com/index.asp>
ProChain Project Scheduling
- Pciforma Corporation <http://www.sciforma.com/>
PS8
- Advanced Projects, Inc. <http://www.advanced-projects.com/>
CCPM+ (MS Project Add in) 日本語版
- Being <http://www.beingcorp.co.jp/products/bp-ccpm/gaiyo.html>
Being Project CCPM (日本製)
- Spherical Angle <http://www.sphericalangle.com/>
cc-Pulse (MS Project Add in)

他にもCritical Path Scheduling Software多数あり

まとめ

CCPMを、Critical Chain SchedulingとBuffer Managementに分けて検討する

Critical Chain Scheduling と Buffer Managementの基本要素

各作業の期間見積りの確率50%ルール

個別作業には”Due Date”なし

プロジェクト・マイルストーンなし

マルチタスキングなし

スケジューリング課題＝作業期間最小化、仕掛かり作業の最小化

優先権と、実現性のあるリソースで“ベースライン”スケジュールを決定する

クリティカル・チェーンの定義

不確実性余裕度を、集めてバッファを構成する

プロジェクト実施中は、“ベースライン”スケジュールとクリティカル・チェーンを固定する

最早着手日ベースでバッファのないプロジェクト・スケジュールを定義する(ロードランナーメンタリティの適用)

プロジェクト実施期間中は、バッファを積極的なウォーニングメカニズムとして使用する

CCPMの功績

- 1) 複数プロジェクトを通じて、人的資源の競合を解決する方法を提示
- 2) 総投入工数の削減をめざし、最早着手日ベースの(できるだけ早く着手しようという)日程計画が膨らませてしまう“工数の浪費”について認識させた.
- 3) スケジュールインパクトに直結するCritical path上のワークフローを防御するために、Critical Chainに合流するワークフローに合流バッファ(Feeder Buffer)を置くという方法を提示.
- 4) 個別の作業タスクから、生産性指標値の中に織り込まれた安全度を切り離し、プロジェクト全体のスケジュールバッファとして管理する方法を提案. これによって全体工数を変えることなく無駄の排除を狙った非常にアグレッシブなスケジュールを設定できるようになった.
- 5) 個別作業から余裕度を分離したことで、「遅れ」の発生を許容するという仕組みを提示することによって、プロジェクト全体で、プロジェクトバッファ全体を監視するという考え方を提示した.
- 6) これら一連の仕組みは、技術的改革というよりスケジューリングについての文化を一新する斬新さがある

CCPMが喚起した副次的発展

- 1) Critical Chainに先立って、Critical Pathの明確な定義が必要となるため、精度の高いWBSへの認識が高まった。WBSの活用範囲が広く認識されるに至った。
- 2) Critical Pathを定義する事の重要性の認識が高まった。ビジネスアプリケーション・プロジェクトで把握するワークパッケージの項目数は簡単に数百を越える規模であるため、Excelなどの表計算ソフトでWBSを管理しては、Critical Pathの把握は困難で、適切なプロジェクト管理ツールへの必要性が再認識。
- 3) ワークパッケージに割り当てる人的資源について、慎重に吟味することの重要性が認識されるようになった。要員競合の有無が明らかになるためには、複数プロジェクト間で同等精度の作業計画が展開されCritical Pathが定義されなければ、Critical Chainの検出と定義が困難であるからである。
- 4) これらの動向を加速するように、Earned Value Managementについての理解が広まり、適用事例が増えて来ている。現実的なWBSの把握、実行可能なスケジューリングを前提とするもので、プロジェクト計画作成時精度が大きく向上
- 5) CCPMをサポートするツール登場

CCPMの課題

- 1) 大規模で長期に渡るプロジェクトでの適用は非常に厄介で、殆ど例がない。
 - ・WBSの項目が膨大な数になり、CCPMでは管理困難？
 - ・WBSの詳細度はプロジェクト期間に応じて進む部分があり、要員アサインは暫定的
 - ・ワークフローとしてのCritical pathはツールの活用で特定できるが、Critical Chainの特定は直近の要員アサインの明確な部分に限定される。
- 2) Critical Chain Schedulingまでは、仮決定しながら進められるが、Buffer設定が困難な場合がある。（工数、期間見積もりが確定しないため）
- 3) CCPM適用の最適規模があるものと思われるが、論理的基準も具体的な参照事例もまだ少ない。
- 4) スケジューリングの進め方そのものについてもプロジェクトの初期では、マイルストーンを設定し、スケジューリング前提を条件づけしながら進める事は極めて妥当であるが、CCPMでは不要とされている。CCPMの適用前にプロジェクト計画の骨子を決定する場合が普通であり、この点には同意できない

CCPMの課題－続き－

- 5) ITプロジェクトは不確実性が大きく、スケジュールの前提が要件変更や仕様変更、あるいは品質トラブルにより変り、手戻りを織り込んでダイナミックな見直しが必要となる事がある。
- ・ITの最新技術をめぐるリスクがあり、スケジュールコンティンジェンシーや工数コンティンジェンシーを検討せざるを得ない場合がある。
 - ・リスクマネジメントの観点から組み込みたいバッファと、Critical Chainを保護するための合流バッファを設定する考え方が整理できない。
 - ・CCPMではCritical Chainは変動しないものとされるが、この点には同意しかねる。
 - ・ITプロジェクトでは欠陥除去が、作り込まれた局面内で取りつくせず、後の局面で検出される。この欠陥を除去するためには作り込み工程迄、遡及訂正し、系統的に開発工程をなぞって戻ってこなくてはならない。この作業をあらかじめスケジュールする事は極めて困難。CCPMとは別のマネジメント技法が必要。
(インクリメンタル開発、RADなど)

CCS / BMが有効であるための条件（仮説）

- 1) WBSの項目数に対応に適した上限がある
- 2) プロジェクト要員の数に適した規模がある
- 3) プロジェクト期間の長さに上限がある
- 4) 比較的小規模で、要員アサインの大きな変動は想定せず、技術的に大きなリスクは無いと考えられる場合には有効。
逆に個人の能力差やリスクの大きい(例えば新技術を初適用するような)場合には、バッファサイズの妥当性が無い。

CCS / BMが有効であるための条件（仮説）

5) リスクは顕在化すると、プロジェクト成果物の納品についての納期、品質、コストの未達として発現する。

到達予定の成果物と実際に成しえた成果と、予定期間、予定コストに対する実績として実態を把握し、その達成速度から今後をフォーキャストすることで、プロジェクトバッファの残量を評価するというような、リスクインパクトの可視化を図る事が必要となる。

6) これはEVMであり、CCPMでのスケジュール管理より精緻に管理可能である。

従ってCritical Chain Schedulingした後、バッファマネジメントにおいては、合流バッファ、プロジェクトバッファ、リソースバッファなどを精緻に設定し、残存バッファの監視に注目するのではなく、プロジェクトの進む速度と差異の監視に注力すべきである。この点に関しては、EVMによる管理の方が実戦的で有益であると考える。

CCS/BMが有効であるための条件（仮説）

7) CCPMが取り上げた、作業生産性の実績分布を考える事は、達成の不確実性について確率分布の上で納期達成度を考えるのと同等である。一塊のワークパッケージ全体が予定通りの納期を達成する確率を検討することは、過去の生産性実績の分布から余裕度を認識するのと、同様に考える事が可能である。

Tom DeMarcoが「熊とダンスを」の中で、繰り返し述べているのはこの事で、スケジュール達成度合の中に、達成確率を挿入することでバッファ設定すべきではないかという主張につながる。Buffer Managementについてはもっと詳細な議論と検証が待たれる。

参考資料・文献

- | | | |
|---|--|------------------|
| ザ・ゴール — 企業の究極の目的とは何か | エリヤフ ゴールドラット (著) | |
| (2001/05/18) | 三本木 亮 (翻訳) | ダイヤモンド社 |
| ザ・ゴール 2 — 思考プロセス | エリヤフ ゴールドラット (著) | |
| (2002/02/23) | 三本木 亮 (翻訳) | ダイヤモンド社 |
| チェンジ・ザ・ルール！ | エリヤフ ゴールドラット (著) | |
| (2002/02/23) | 三本木 亮 (翻訳) | ダイヤモンド社 |
| 最速で開発し最短で納めるプロジェクト・マネジメント—TOCの管理手法“クリティカル・チェーン” | | |
| (2002/10/22) | 村上 悟 (著), 井川 伸治 (著) | 中経出版 |
| TOCクリティカル・チェーン革命—画期的なプロジェクト期間短縮法 | | |
| (1998/04) | 稲垣 公夫 (著) | 日本能率協会マネジメントセンター |
| Theory of Constraints: And How It Should Be Implemented | | |
| (1990/06/01) | Eliyahu M. Goldratt (著) | North River Pr |
| Critical Chain Project Management (Artech House Professional Development Library) | | |
| (2000/02/01) | Lawrence P. Leach (著) | Artech House |
| Project Management in the Fast Lane: Applying the Theory of Constraints | | |
| (1998/03/01) | Robert Newbold | |
| | (St. Lucie Press/Apics Series on Constraints Management) | |

W. Herroelen, R. Leus, E. Demeulemeester, “Critical Chain Project Scheduling – Do Not Oversimplify”, Project Management Journal Vol.33 No.4, PMI, 2002, pp48-60



The End

hkamba@jp.ibm.com