

ソフトウェアプロセス 定量化モデルの提案

河野 善彌, 陳 慧

情報処理学会
ソフトウェア工学研究会
2005年3月18日

あらまし

経験工学的なプロセス論

- 1 . 工程の線形性 工程は展開や統合が可能
- 2 . 純設計 工数 (ソフトウェア規模)¹
誤り数 (ソフトウェア規模)¹
- 3 . 机上チェックとテスト
誤り減衰機構, 減衰率 チェック/テストの誤り率
- 4 . 統合

先行論文 子信技報 KBSE 2003-57/58 人間知能のプロセス論

はじめに

定量化 ・ヒトの(対数的な)定量的判断
・度量衡 BC8000年頃以降 商取引中心

定量化は科学と産業の発展の力

- ・17世紀 工場制手工業の発達
- ・18世紀 産業革命
- ・19世紀 メートル制1875年条約化

ヒトに係わる定量化

1890年代末 F. W. Taylor 作業効率の向上法の提唱

作業前状態と作業後状態同一で作業を展開

各下位作業で, 工数が最小な方法を採用

(ヒトの作業の線形性)

Industrial Engineering, IE (経営工学)の創始

日本: IE系技術の普及と発展 現日本産業興隆の基礎

危機感 ソフトウェア作業も定量化が必要では!

線形性を実績で検証

着目する対象

価格 人の工数で代表, 計算機使用料, Office cost, 通信費

品質 検査不合格となる全不良を誤りで代表させる

望ましい資料

現在の資料 本質的に不可!

流用大, 組織毎の偏り, 禁公開, 多数の資料得難い

選定基準

ヒトの特性を反映するようにナイーブで,

広汎で各種かつ多数で, 偏りが無い,

出来れば数桁の範囲の開発の実績資料

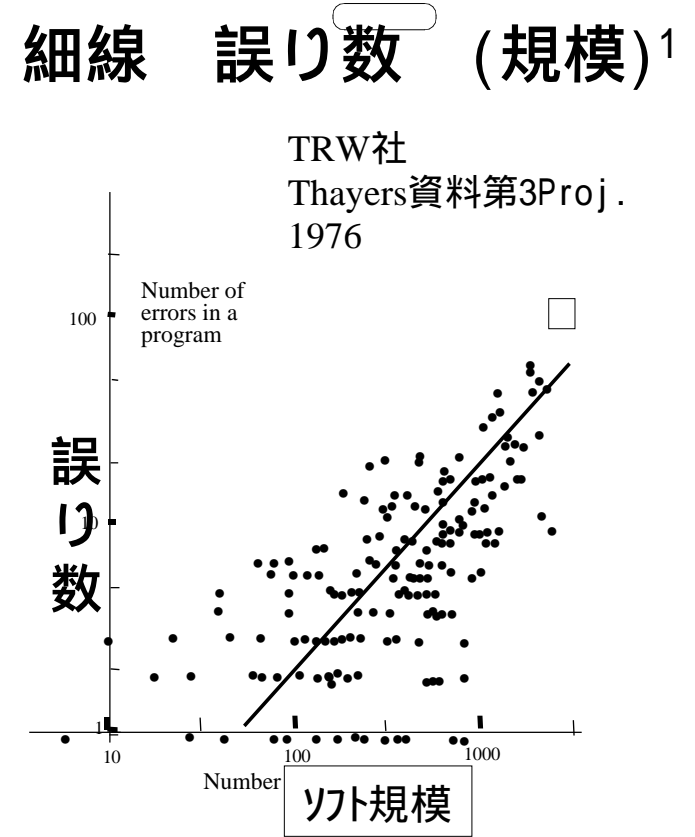
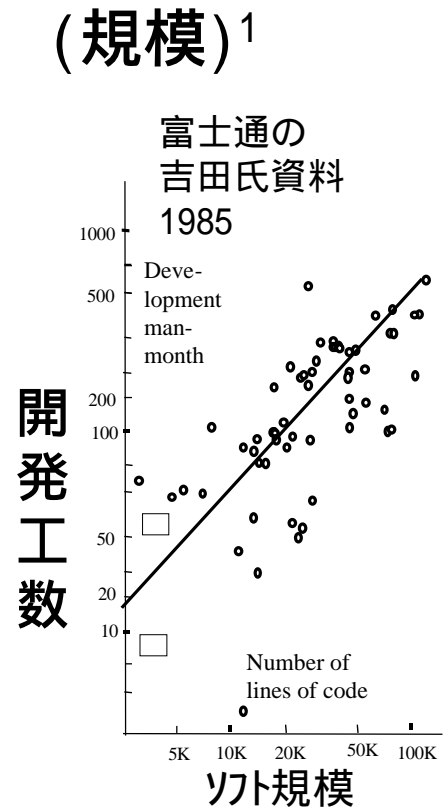
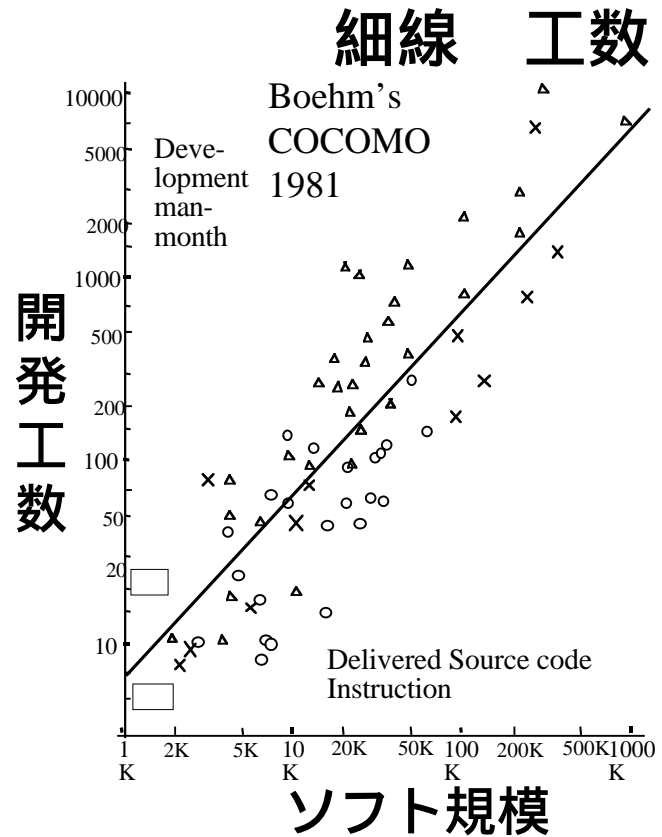
ジャンクとも思える多数のデータから特質を得る

選定した資料

工数・Boehm COCOMO 1981・吉田(富士通)資料1985

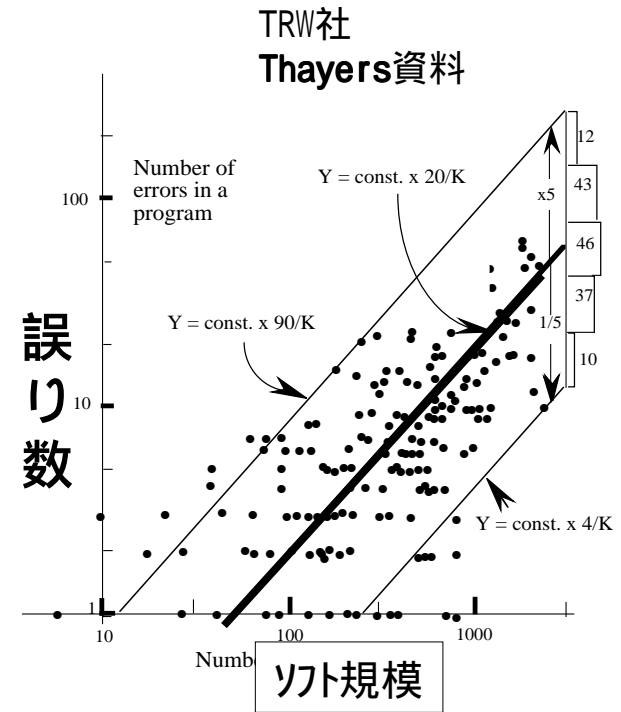
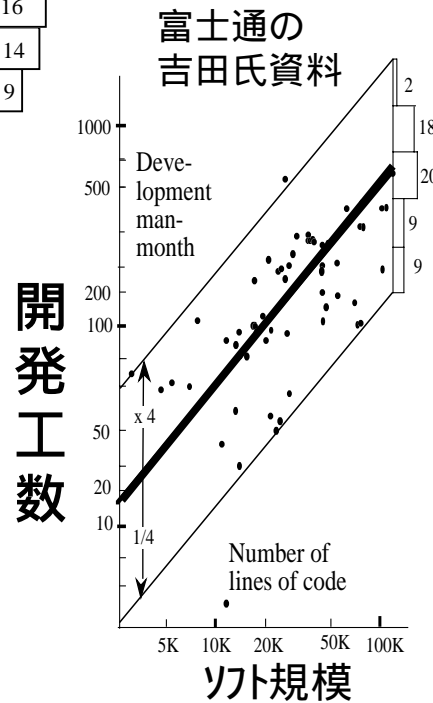
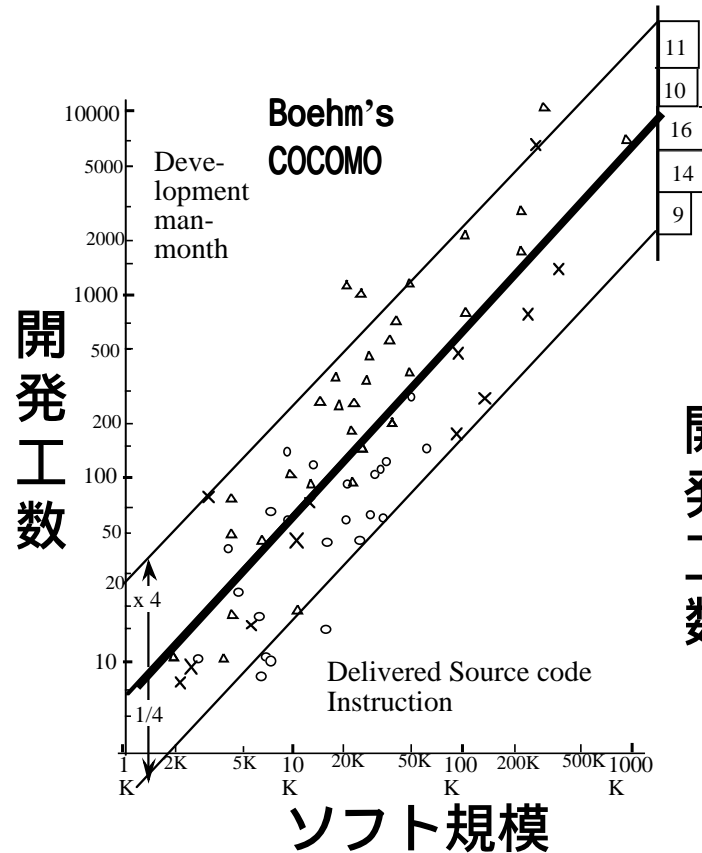
誤り・Thayers (TRW社) 第3 project 1976

実績資料での検証1



全体として 工数 (規模)¹ 誤り数 (規模)¹ の傾向あり

実績資料での検証2

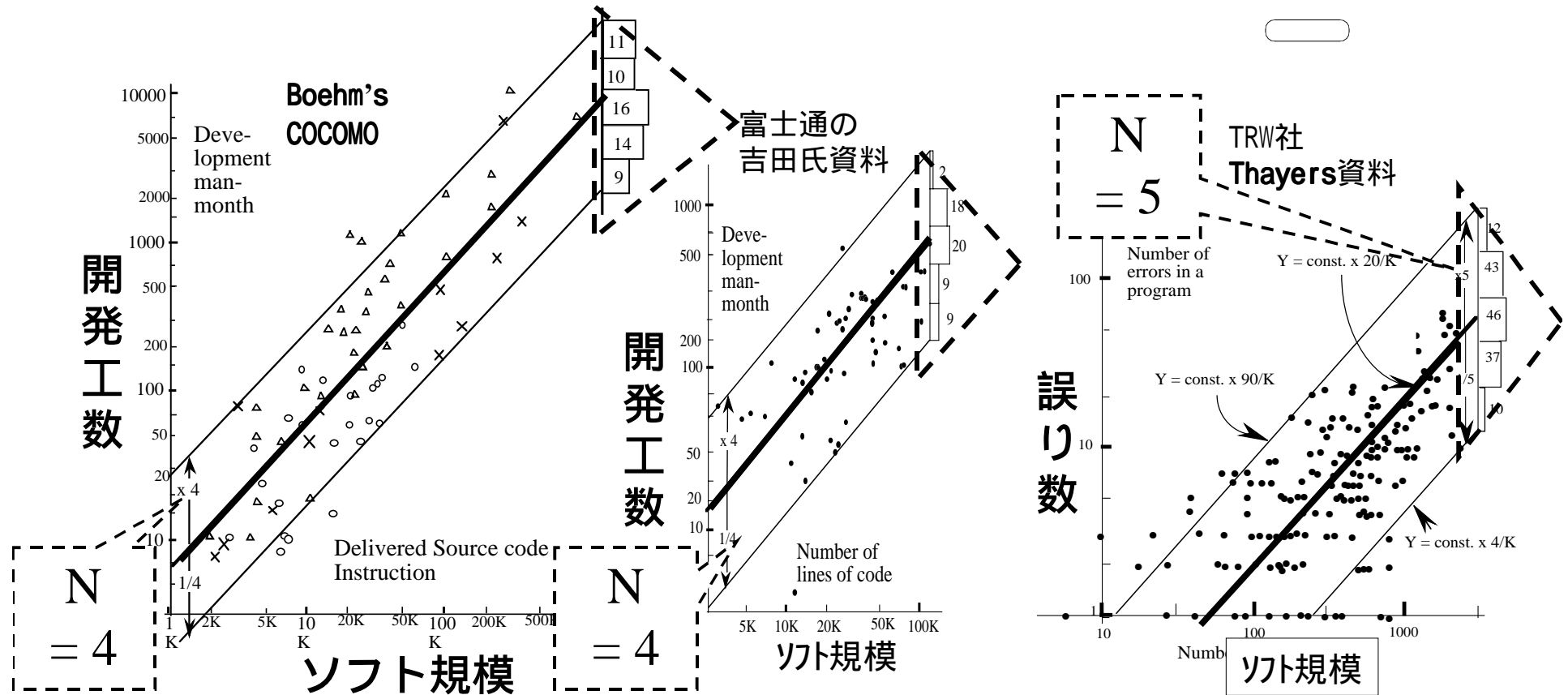


全体として 工数 (規模)¹ 誤り数 (規模)¹ の傾向あり

- ・ 太中心傾向線 プロット集中帯を貫く
 - ・ 両側細傾向線 中心線と等距離^d
- $Y = aX^1 + \text{切片}b$

- ・ 帯の外は異常値
- 同数 s 除外

実績資料での検証3

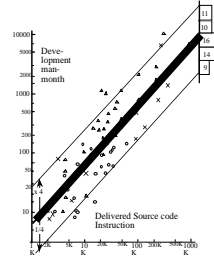


全体として 工数 (規模)¹ 誤り数 (規模)¹ の傾向

理論値を中心に釣鐘状(対数正規分布)にバラつくと理解できる
 中心値の1/NからN倍, N=4なら1:16, N=5 1:25

実績資料での検証4

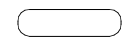
N = 4



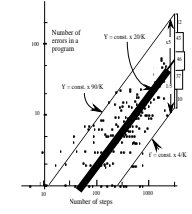
生産性の
バラつき
1/4 ~ 4倍
= 1 ~ 16倍

人間信頼性工学での
塩見の研究
Key Board打鍵動作
工数，誤り率は共に
対数正規分布状

誤り率の
バラつき
1/5 ~ 5倍
= 1 ~ 25倍

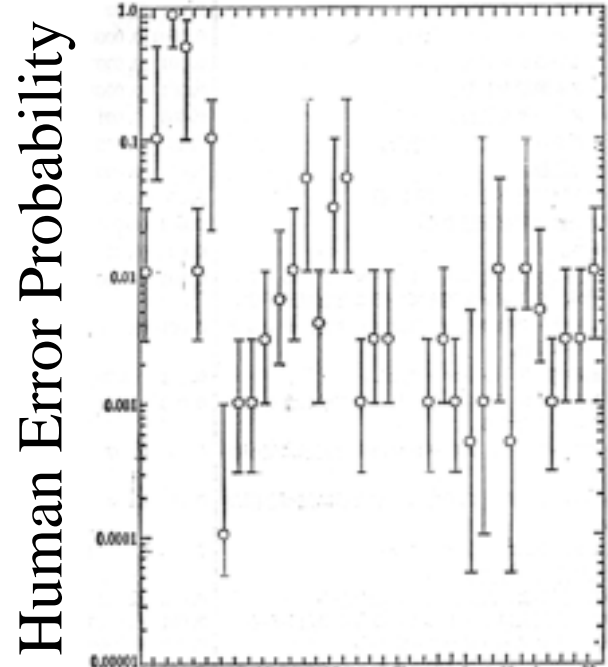


N = 5



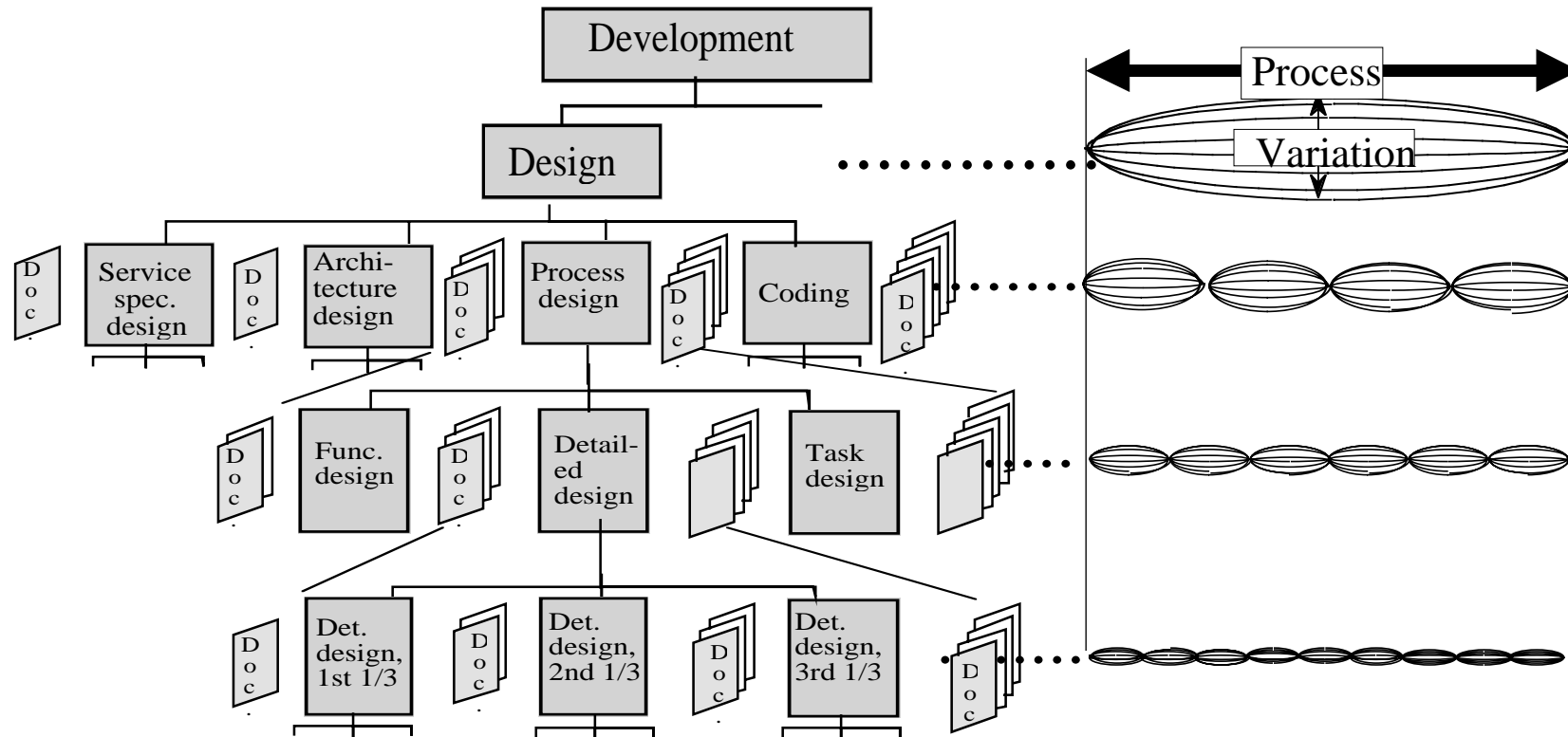
人間信頼性工学での人の
単位操作の誤り率
N=3 ~ 5 安全側

人の作業の各種の外部的特性値は
ソフトでもハードでも
N=3 ~ 5の対数正規分布状である



表A-26の作業No.

バラつきを減らす方法

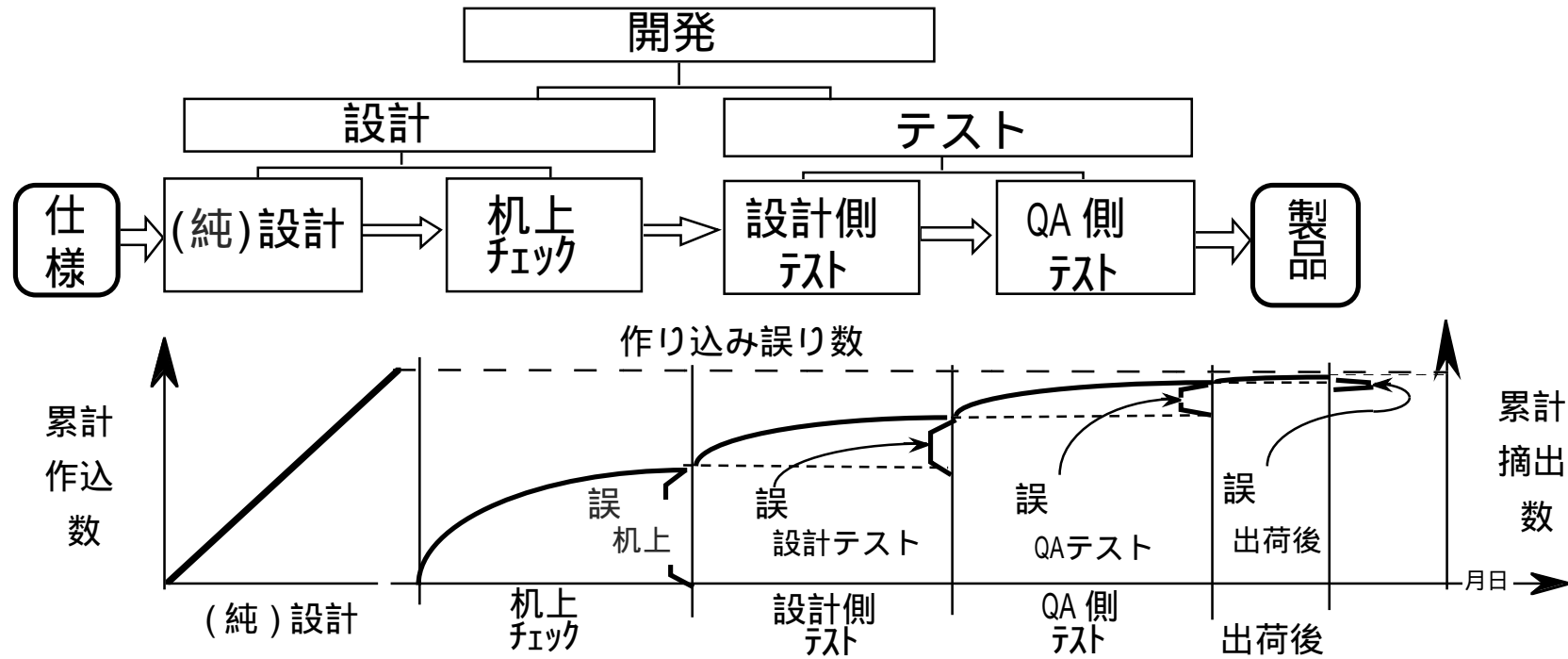


M分断すれば，バラつきは $1/M$ に減る．

人の作業方法(手順)を統制すれば，バラつきは減る．

対数正規分布 正規分布 幅の小さい正規分布に進化する

誤り数の計測方法

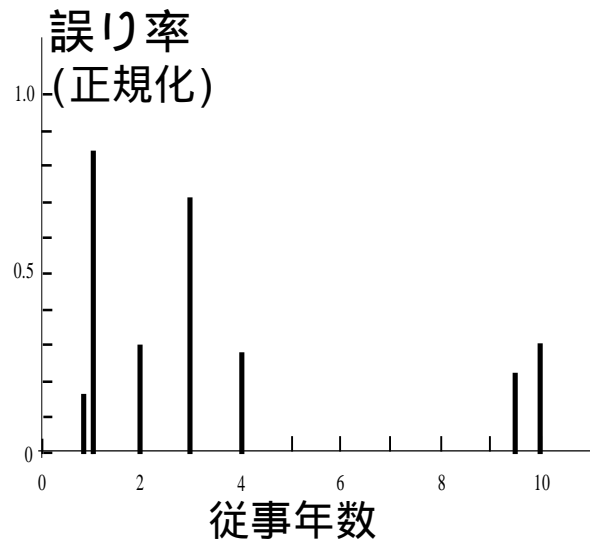


誤り作り込み数 = 机上摘出数 + テスト摘出数 + 使用時摘出数

通常計数していない
大きなバラつき (0.6 ± 0.4) の原因 . Thayersの例

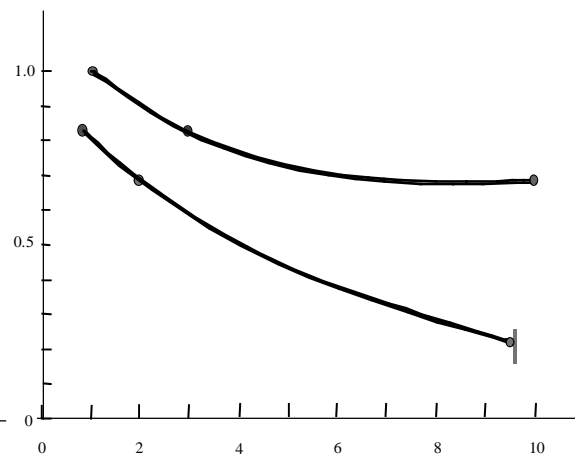
実例：テスト抽出と作り込み誤り率

テスト抽出率



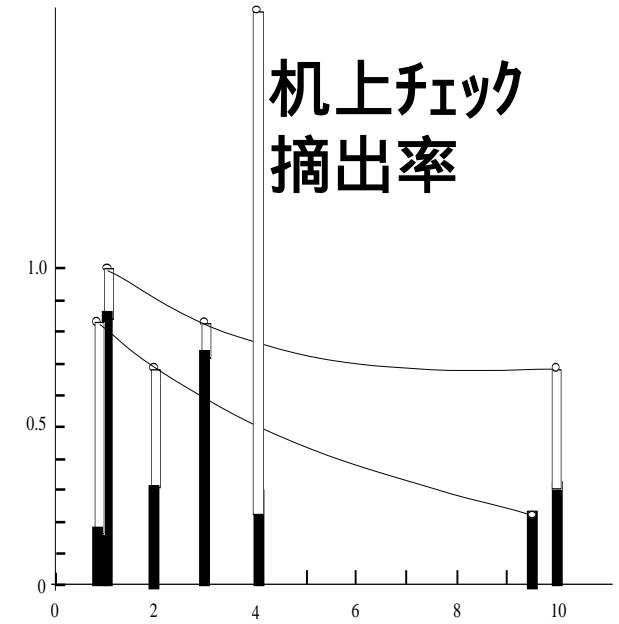
傾向が見えない

誤り作り込み率



傾向が明瞭

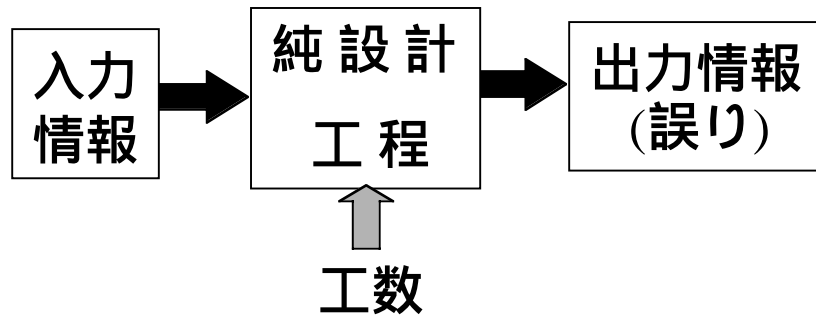
机上チェック抽出率



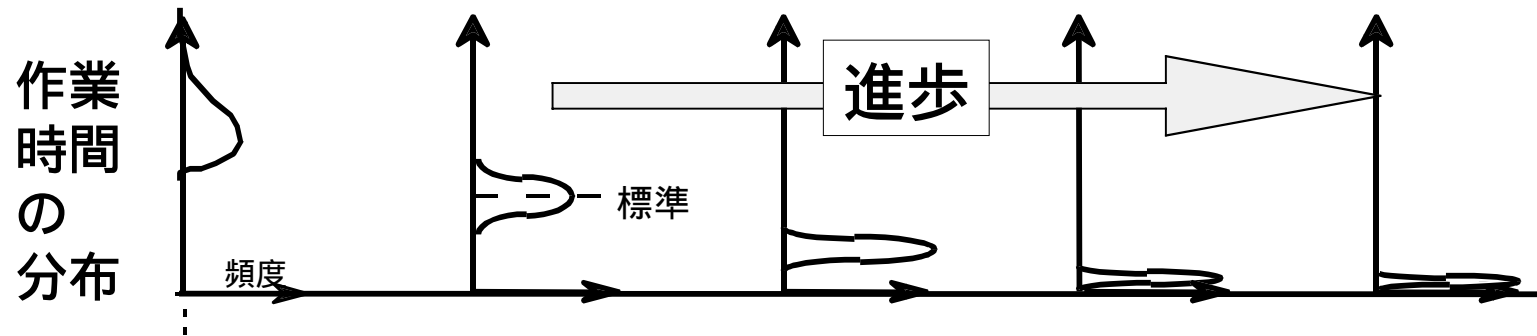
机上チェック抽出加算

作り込み率の平均値は、安定な外部特性値である

純設計の基本的な外部特性

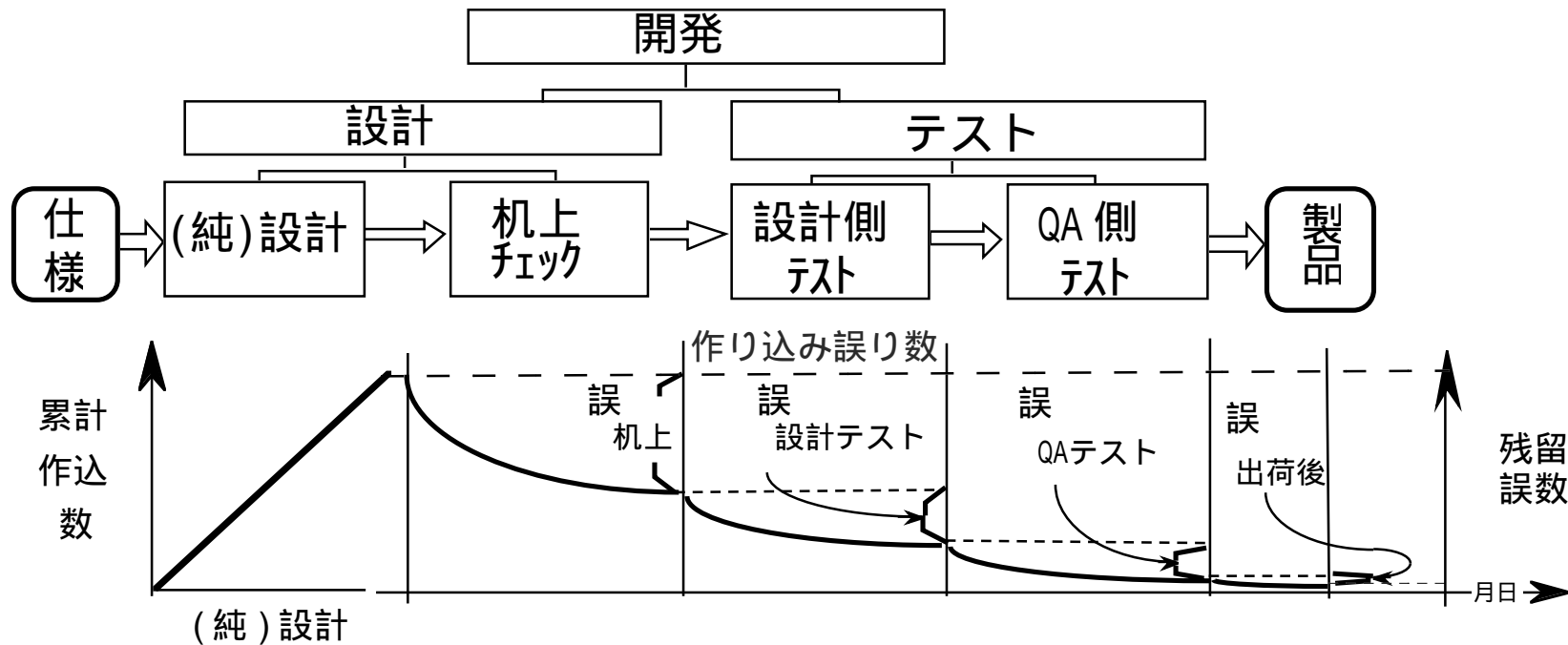


- ・ 生産性(成果物数/工数) = 一定 ,
工数 規模
- ・ 誤り作り込み率 = 一定
誤り数 規模
- ・ 1 ~ 16倍もの大差あり



- ・ 人の技術力や組織の蓄積技術(再利用)の反映
物理定数等のような固定的な数値がある訳でない。
各種の要因で大きく変動する。
工程等の統制を強化するほど、変動は減少する。
入力、人、環境、計測等を均質化するほど、変動は減少する。

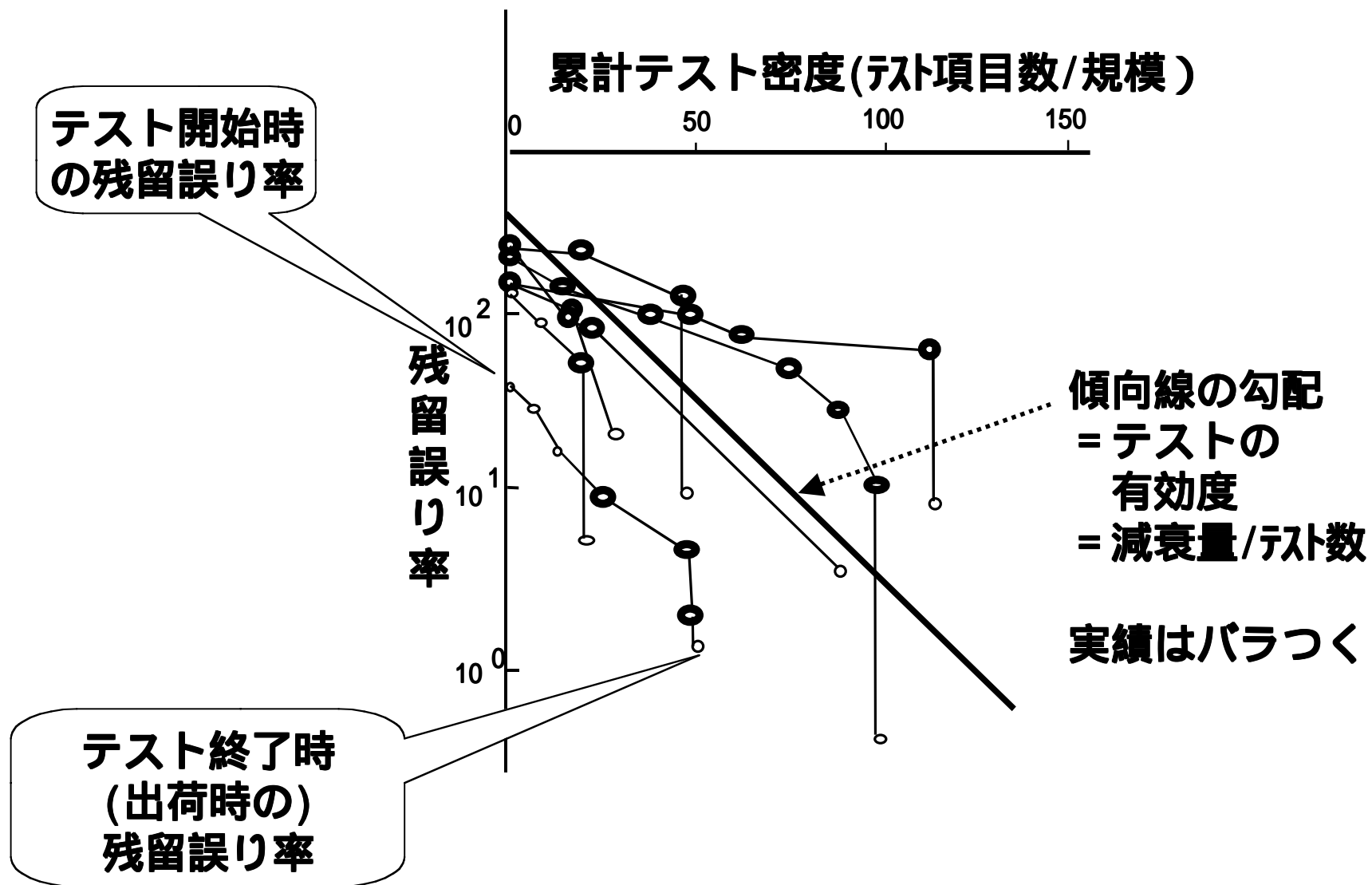
テストと机上チェックの誤り減衰特性



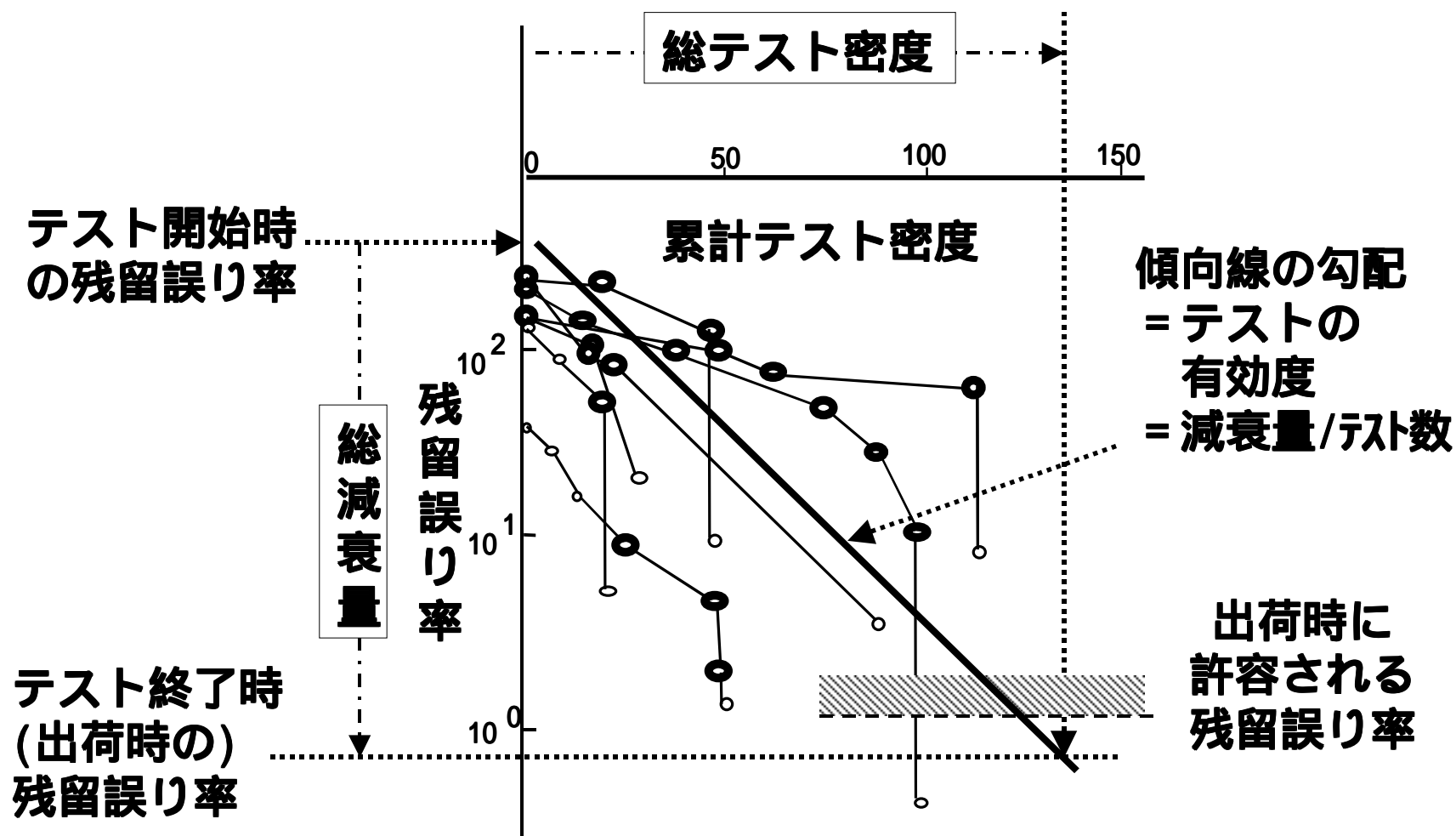
誤り摘出総数 負の指数的 (e^{-at} 状) 減衰
 各摘出数 負の指数的 (e^{-at} 状) 減衰

机上チェックやテストは誤りを定率に減衰する
 小さな段階毎に定率で減衰させる
 対数尺度では直線傾向線になる筈

テストの誤り減衰特性

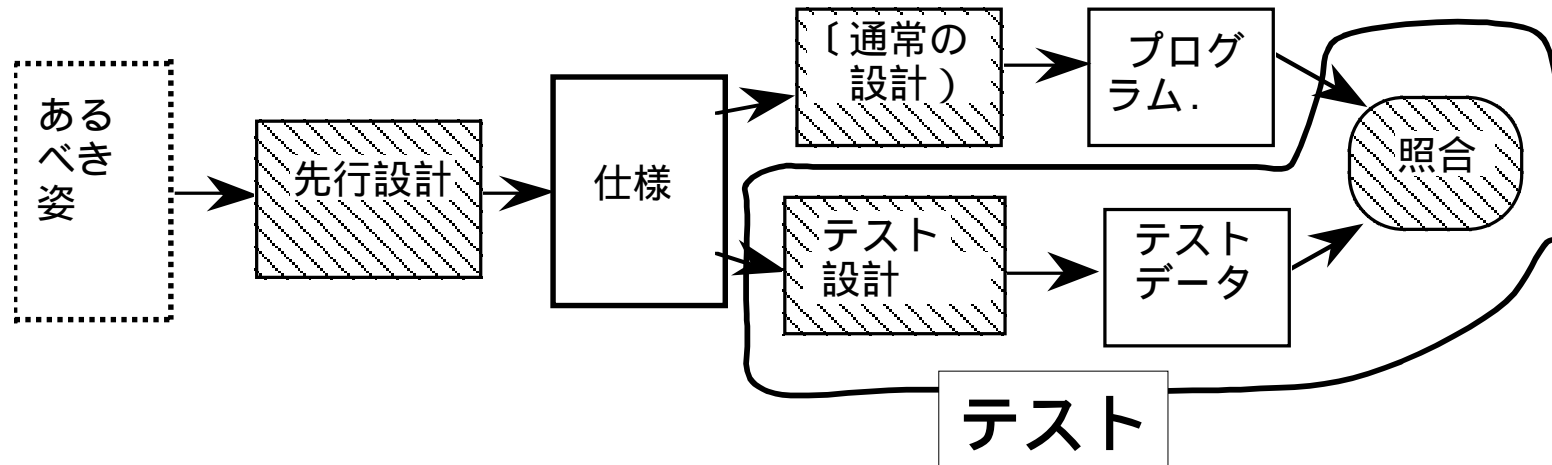


テストの誤り減衰特性



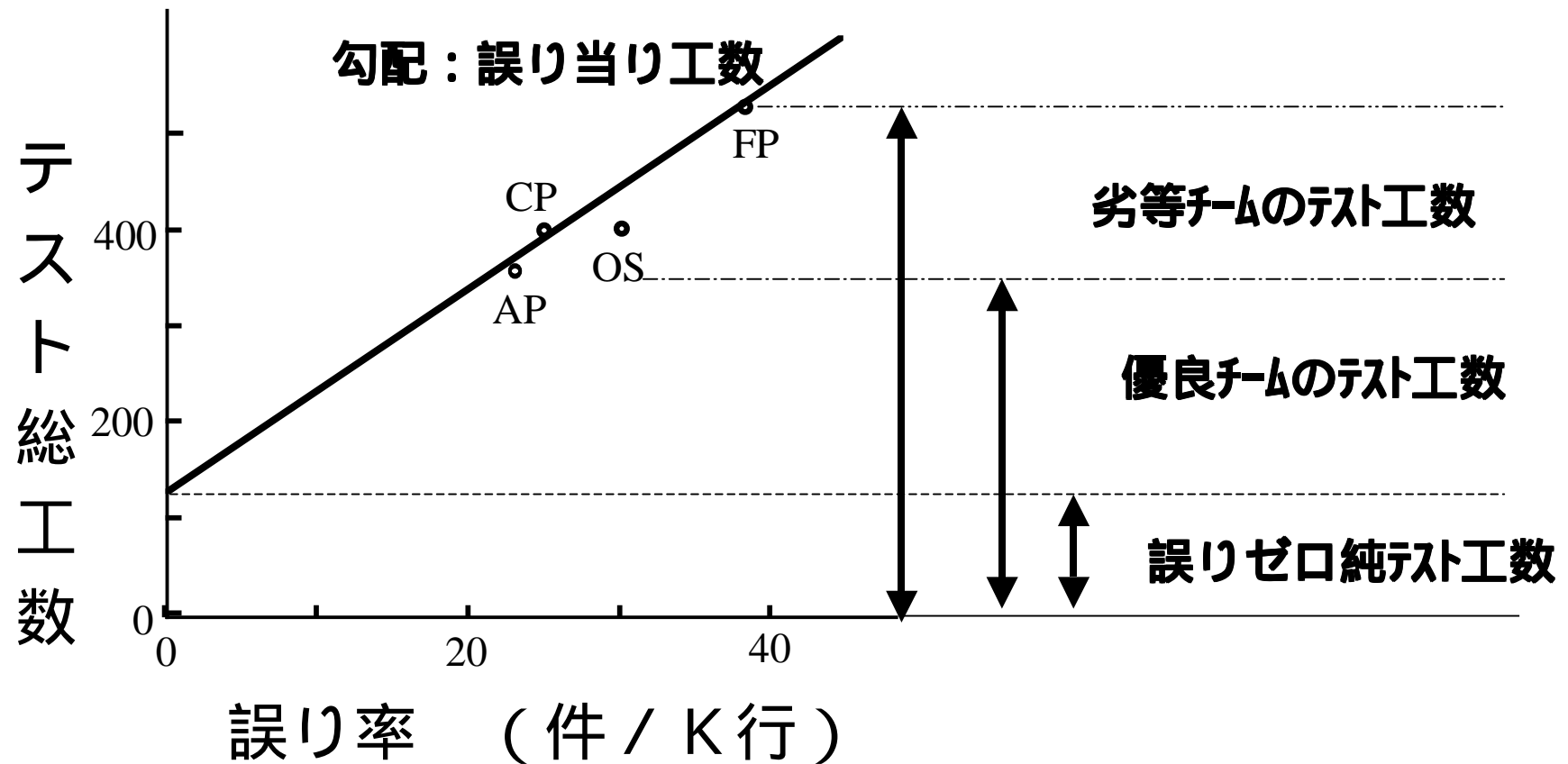
要求品質を達成する為のテスト数の設計が出来る

チェックやテストの有効度の決定要因



- テスト(チェック)は誤りを免れない
正 NG 第I種の過誤, 不正 OK 第II種の過誤
- テスト(チェック)結果は第II種の過誤確率 E_t の誤りを含む。
テスト等で漏れる誤り率 = 当初の誤り率 $E_d \cdot E_t$
- E_t を小さくするには,
仕様, テスト設計~コーディング, 照合の誤りを減らす。
テスト密度, チェック項目を増す。

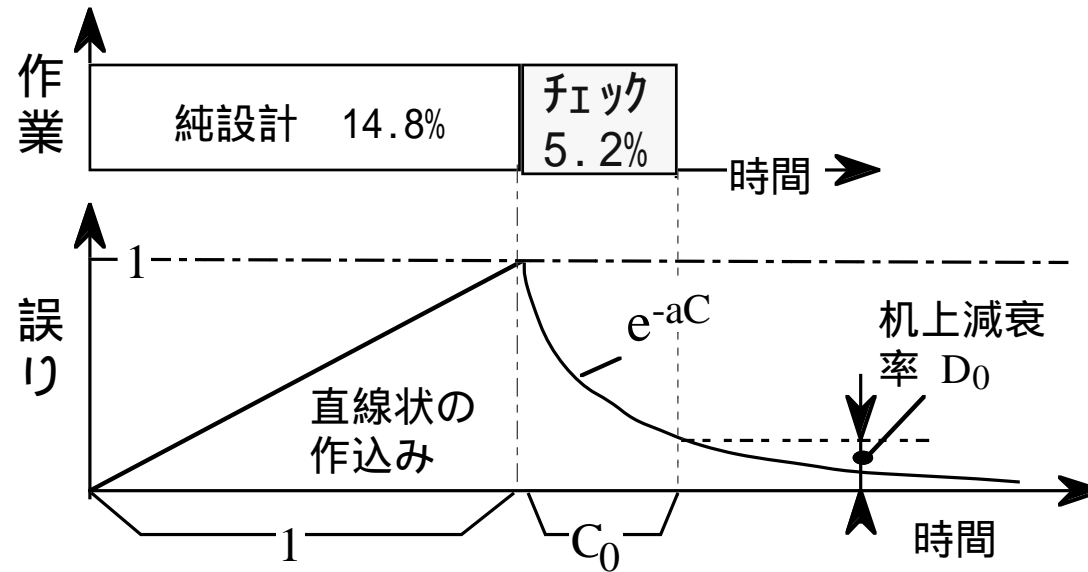
テスト工数



$$\text{テスト総工数} = \text{テスト当り工数} \times \text{テスト数} \\ + \text{誤り当り工数} \times \text{誤り数}$$

各工数は、更に要素とその工数に展開する。各項について合理的に行う手段に交代させれば(process improvement)生産性や品質が向上する。

机上チェックの工数と摘出率



正規化チェック工数 $C =$ 机上チェック工数 / 当該純設計工数

実績机上減衰率 $D_0 = 1 - (\text{机上摘出数} / \text{作り込み総数})$

希望する机上減衰率 D_i を達成する為の正規化チェック工数 C_i

$$C_i = C_0 \cdot \ln D_i / \ln D_0$$

上記を満たす机上チェックを追加する

机上チェックとテストの 基本的な外部特性

- 誤り減衰機構
- 誤り減衰特性

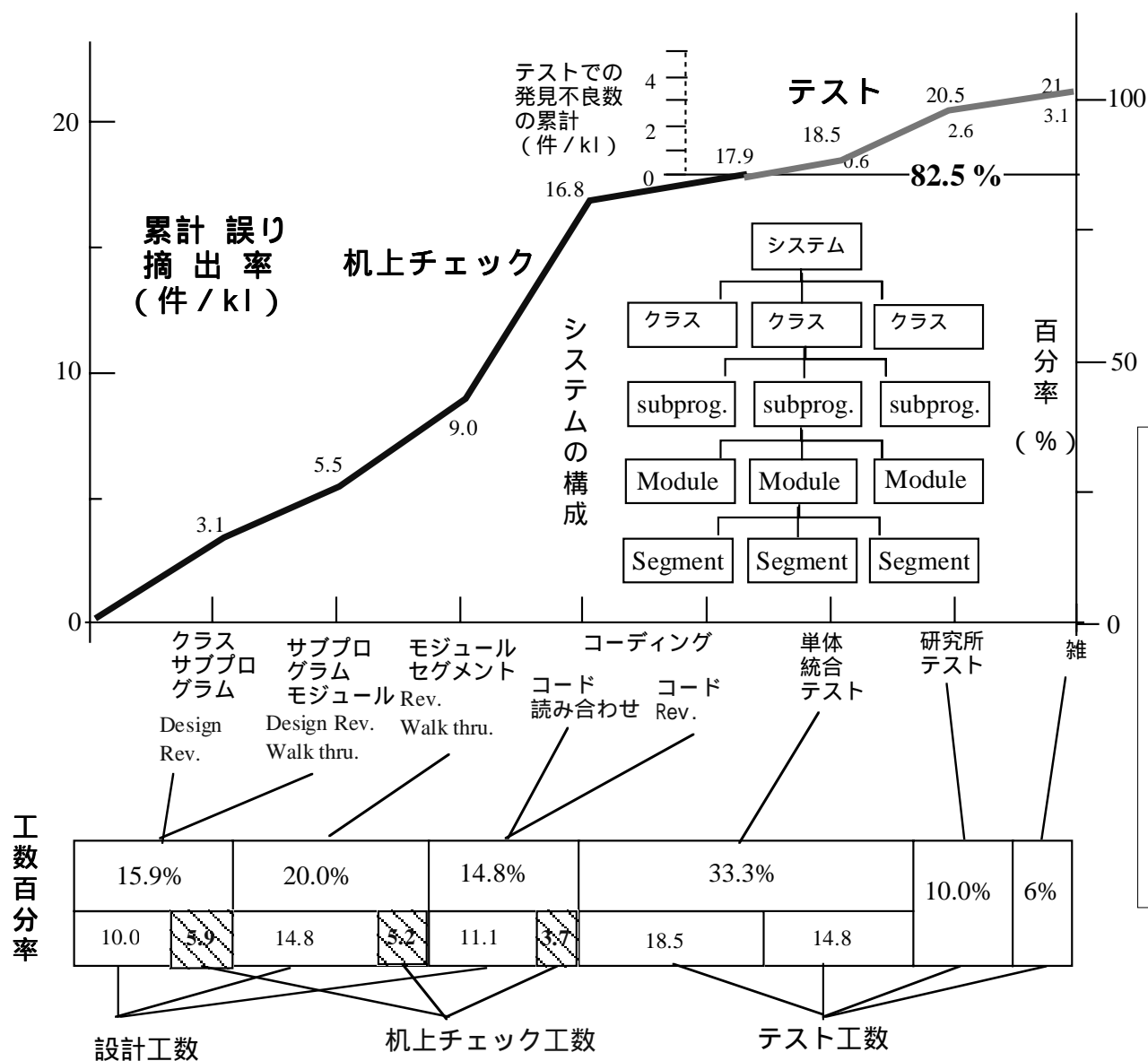
テストの有効度，机上減衰率 D_i

ヒトの智慧{技術力や組織の蓄積技術(再利用)}の反映
物理定数等のような固定的な数値がある訳でない．

工程等の統制を強化するほど，変動は減少する．

入力，人，環境，計測等を均質化するほど，変動は減少する．

統合 優れた開発実績例



通信系 1970年代末
テスト摘出誤り率 21E/kL

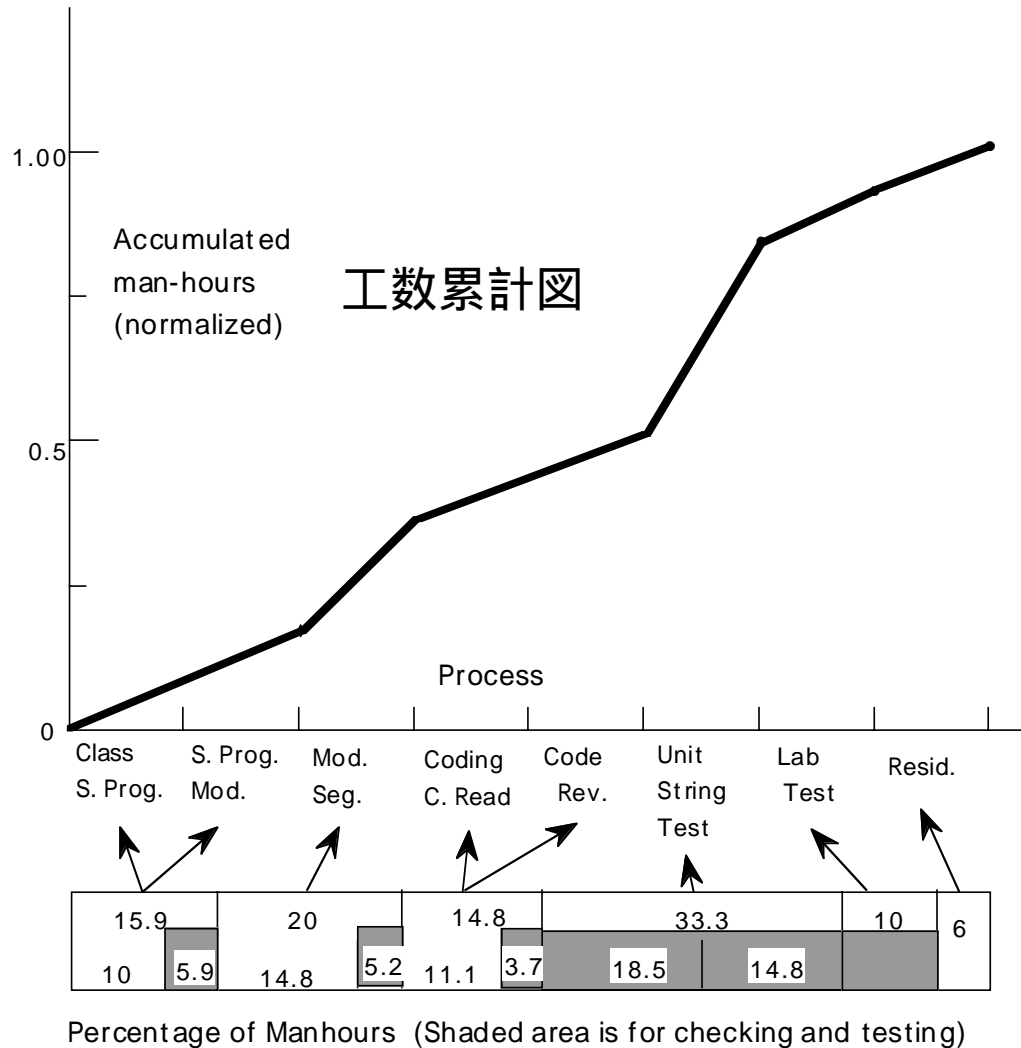
テスト摘出誤率 3.1E/kL
テスト前摘出率 82.5%

(机上チェックによる)
チェック工数/純設計工数
60 ~ 30%

徹底的に定量的な
研究と管理
全てオープンに討議
開発に実験を並行
結果を研究
次の開発に盛り込む
優れたトップ/マネージャー

最高成熟度組織の一つ

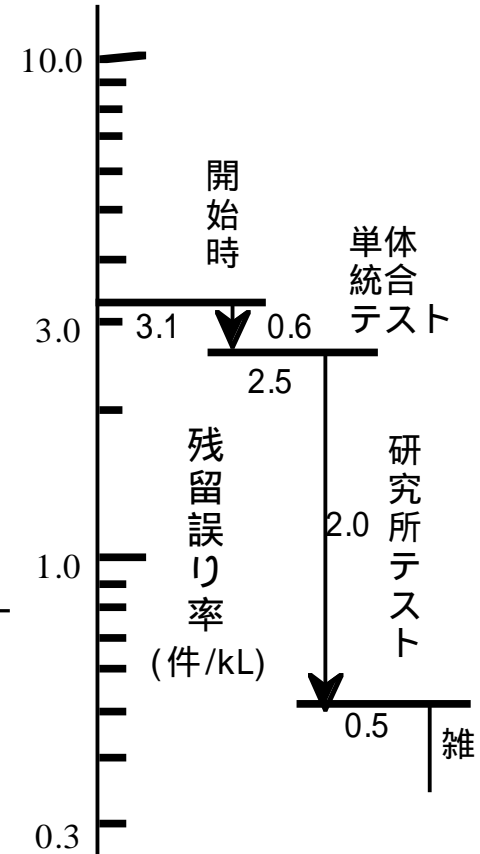
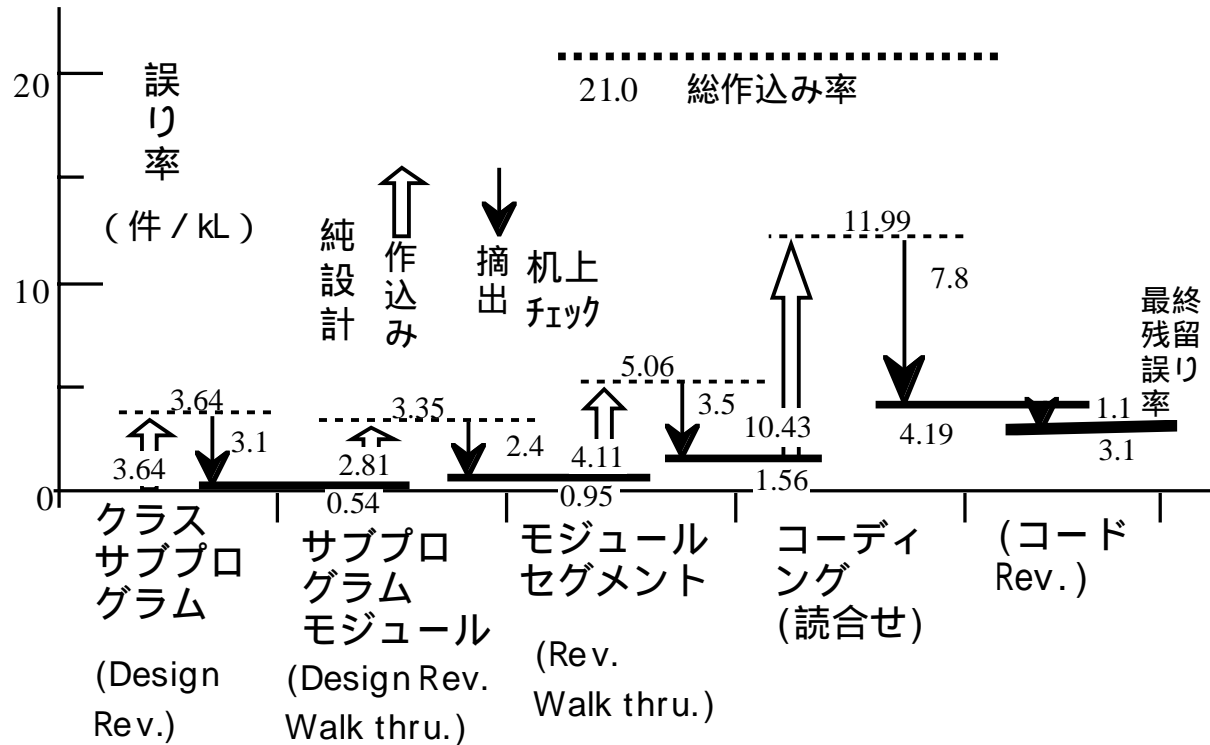
開発の全体特性 (工数)



- 工程毎にその生産性に対応する工数が消費
- 新開発規模 × 実績生産性で、新開発の所要工数等が算定できる
- 工程毎に、成果物数量と投入工数で監視可能
工程毎遅延正確に検知
- ある工程内では、工数消費や成果物数量の累計カーブを使い、計画と実績を対比すれば、より細かに異常を検出可能になる

開発の全体特性 (誤り)

各机上チェック抽出率0.825と仮定



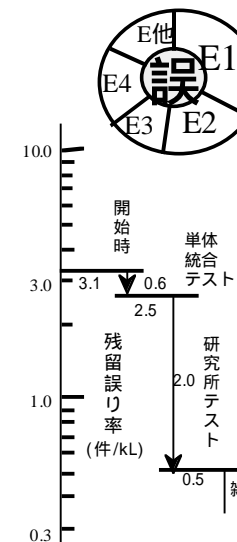
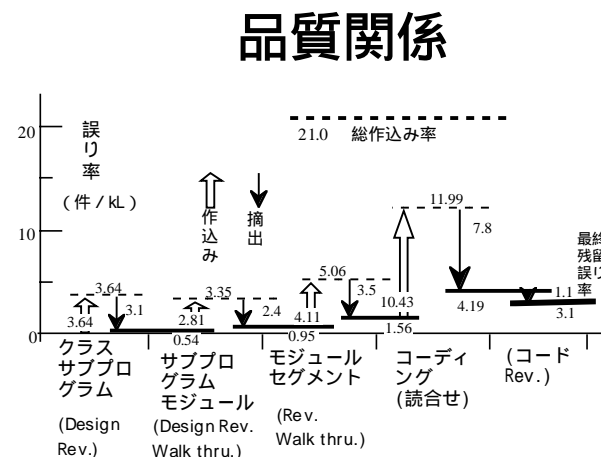
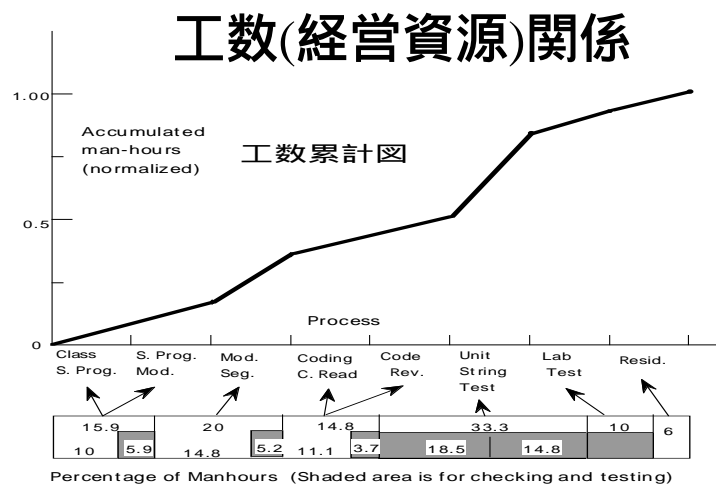
(誤り作り込みー机上抽出)
を加える 線形性を利用

開発の全容が「見える化」できる

当初の残留誤り率から
各減衰量を引く

対数尺度の線形性を利用

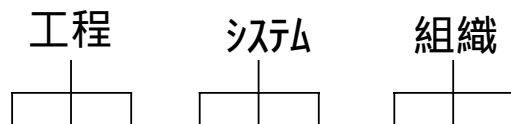
各種の理解と掌握



全体が見える

全体理解 , 異常検出可, 最効率的な配分可

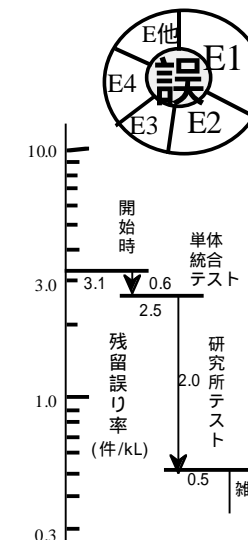
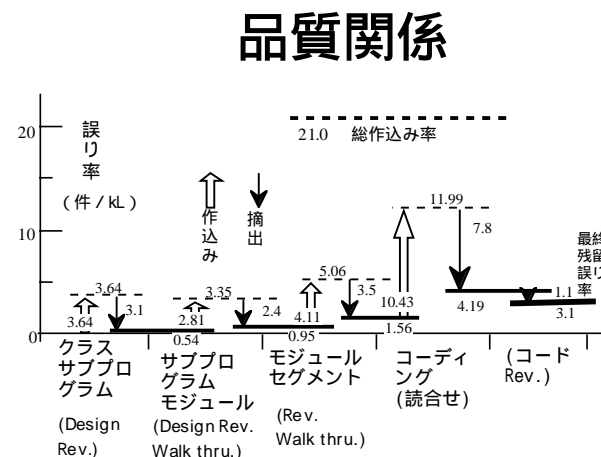
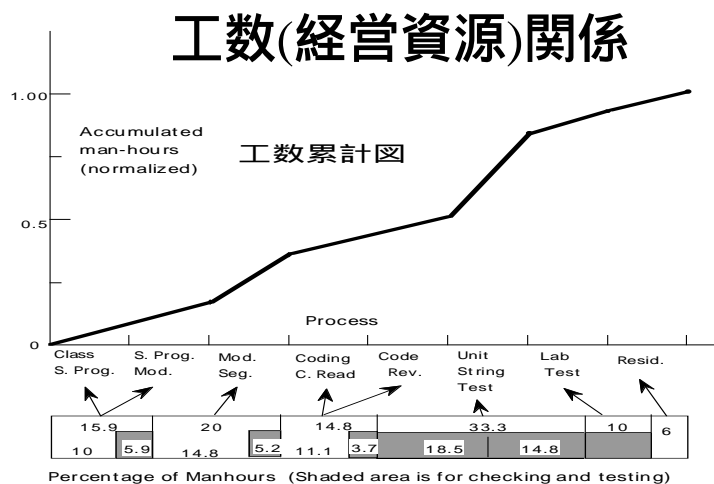
階層的な体系
Top down
明確な対応
全定量化



安定な開発が継続でき,
各種の関係が理解できれば
ハード生産と同様に制御可能

謎も神秘も消えていく

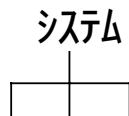
各種の改善



階層的な体系
Top down
全定量化



規模生産性
品質



機能生産性
(機能/規模)
処理量,速度



技術的能力
設計品質

望ましい最終結果
現状の実績から
乖離を見出し
問題の構造と階層性
から合理的に改善する
ハード品質管理
技術 IEの生産管理
拡張 Value Eng .

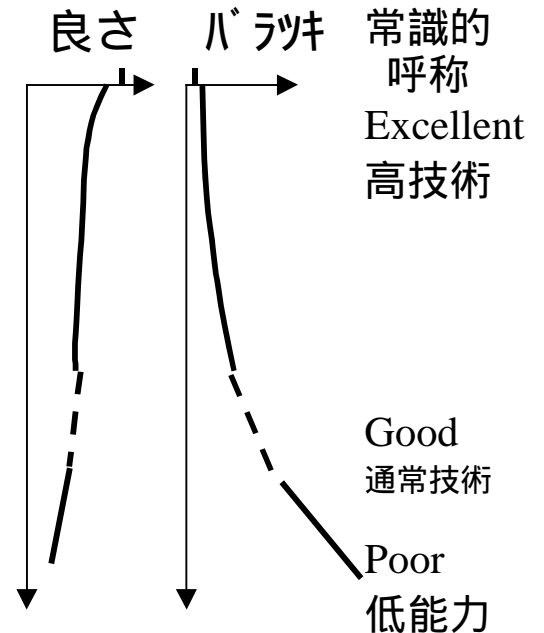
ハードウェアと同形の管理が可能：ソフトウェア工場

定量的な計画，特性の再現性

この優れたチームの次の開発の各種の外部特性

同領域	同程度規模	同種Sys.	少なくとも同等の特性
//	//	少し違うSys.	同等～若干低下
//	//	より違うSys.	低下し、バラツキ始める
//	//	異種Sys.	かなり低下、バラツキ顕著
異領域	//	異種Sys.	大幅低下、バラツキ増大

.....
 通常より良いチームの特性
 通常より悪いチームの特性



確度の高い定量的な計画と確実な達成は、
 実績ある構造/工程により実績値(生産性等)に準拠して可能
 標準化

領域や製品分野をある程度は固定する経営の「選択と集中」
 技術者の能力向上と製品の機能 構造 工程の標準化が必要
 残された問題は事業運営とR&Dに尽きる

おわりに

- 考え方 1 . 線形系 階層展開や統合が可能である。(COCOMO)
- 2 . 中間生成物の流れ (欧米系プロセス)
- 3 . ありのままの特性 (Osterweil)
- 4 . 現場で使えるごく簡単な近似とその構造モデル
- ・ ハード生産に使うIEの生産管理方式の拡張

- 定量化
- ・ 純設計とチェック/テストの2種で定量化
 - ・ 全体が見える 例：最経済的な工数配布
 - ・ プロセスや人等の精密な相互比較が可能
 - ・ 定量的な工数計画
 - ・ あらゆる改善計画が可能
 - ・ ソフト以外に、ビジネス、開発一般、ハード製造に適用可

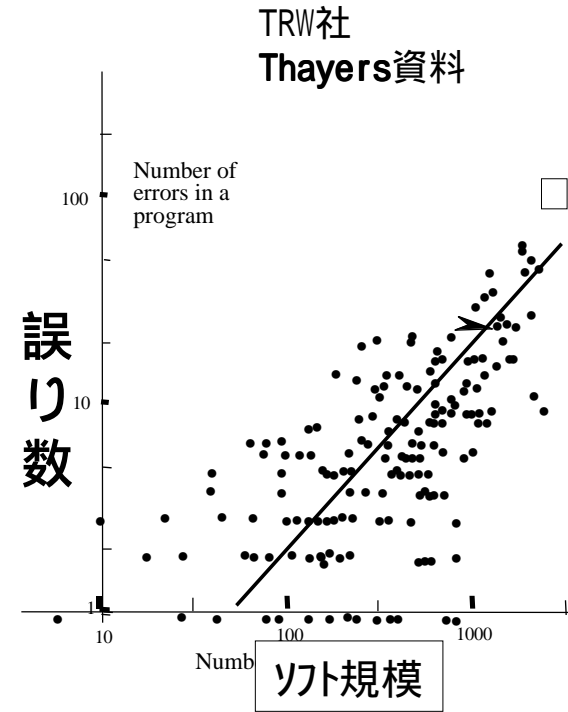
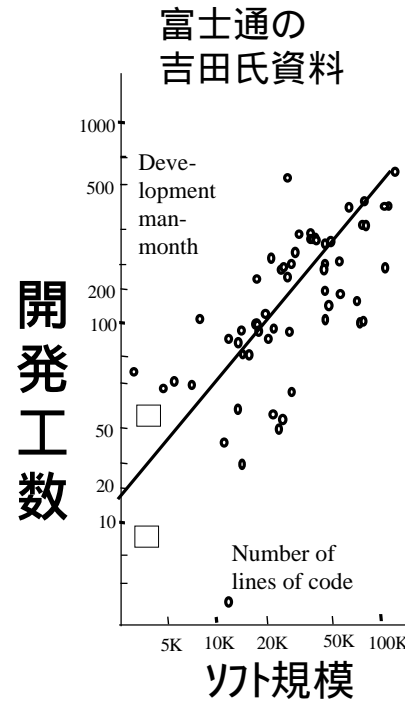
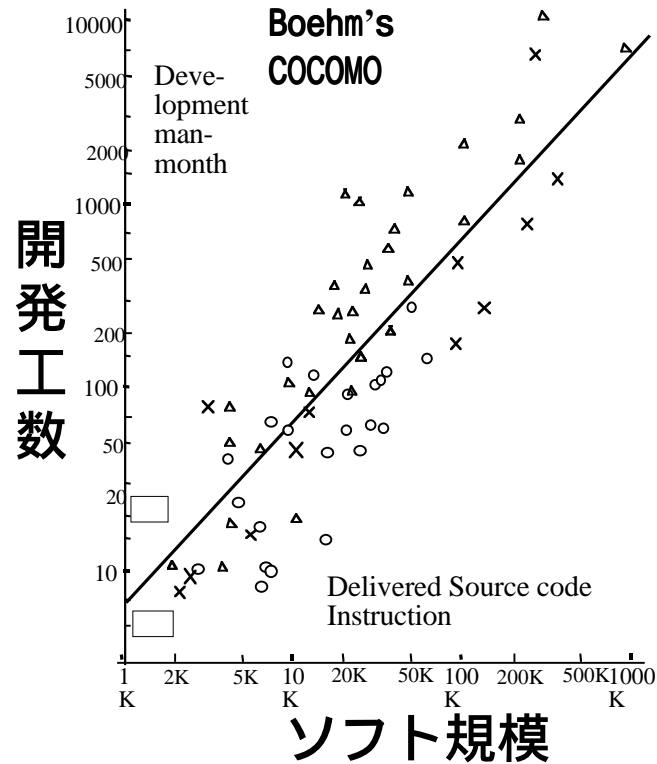
今後の課題 実施法の準備，教育の確立，産業への普及

おわりに

- **基礎**：ハードウェア生産の科学的合理的定量的な管理に倣う
日本産業の興隆を齎したTotal Quality Control
部品，ハード設計～製造での定量化の力
河野 1970年代末～1990年迄の現場の実績資料
河野他 1990年代の「人に倣った自動設計」の研究
- **考え方**：実績準拠 経験的ソフトウェア工学
現場で使える簡単な近似
全てに使えて，最初から最後まで使える
ソフトとハードで共通できる方式 組込システムで不可欠
ハードの隆盛にあやかりたい 基礎を共有する
技術者根性 謎や神秘/神話はおいしい食べ物！
謎や神秘論が罷り通るなら中世ではないか？
- **今後の課題** 実施法の準備，教育の確立，産業への普及

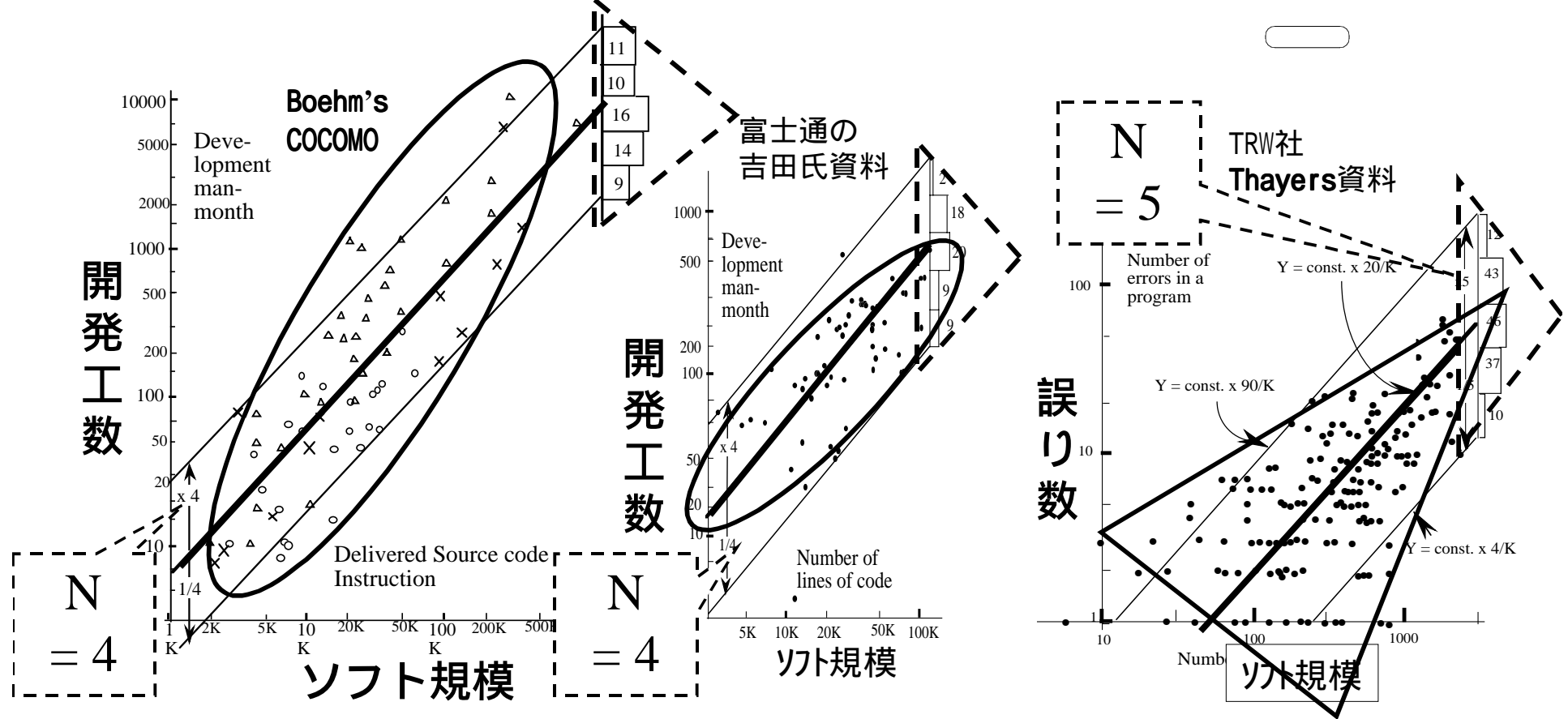
実績資料での検証1

細線 工数 (規模)¹



全体として 工数 (規模)¹ 誤り数 (規模)¹ の傾向あり

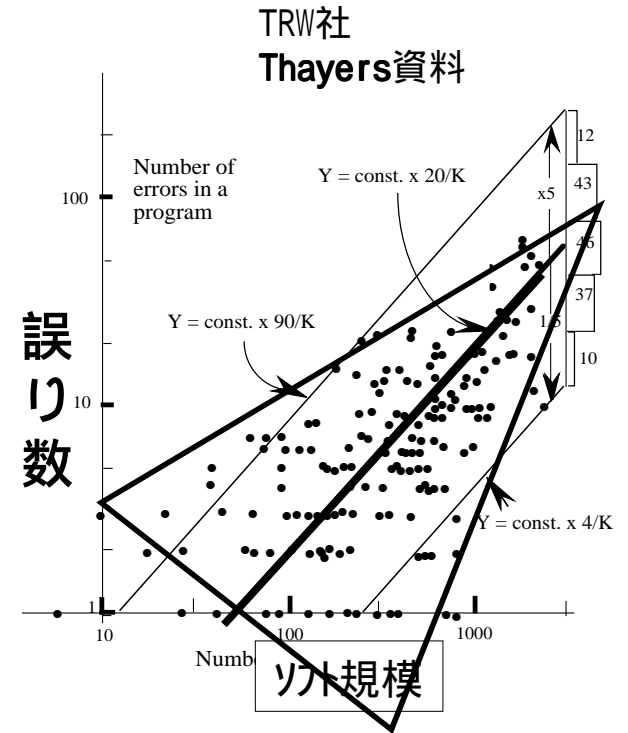
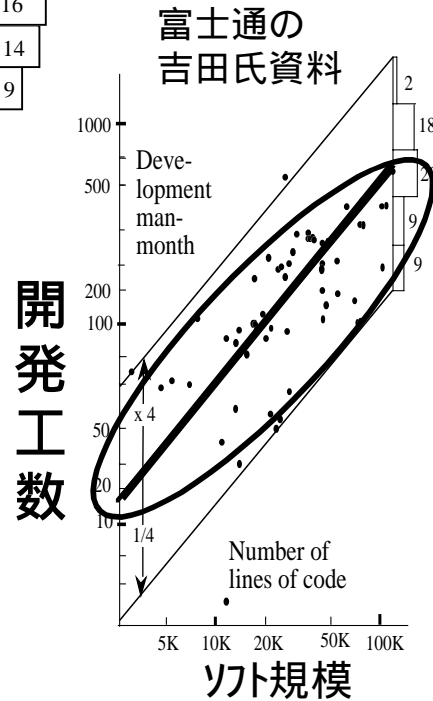
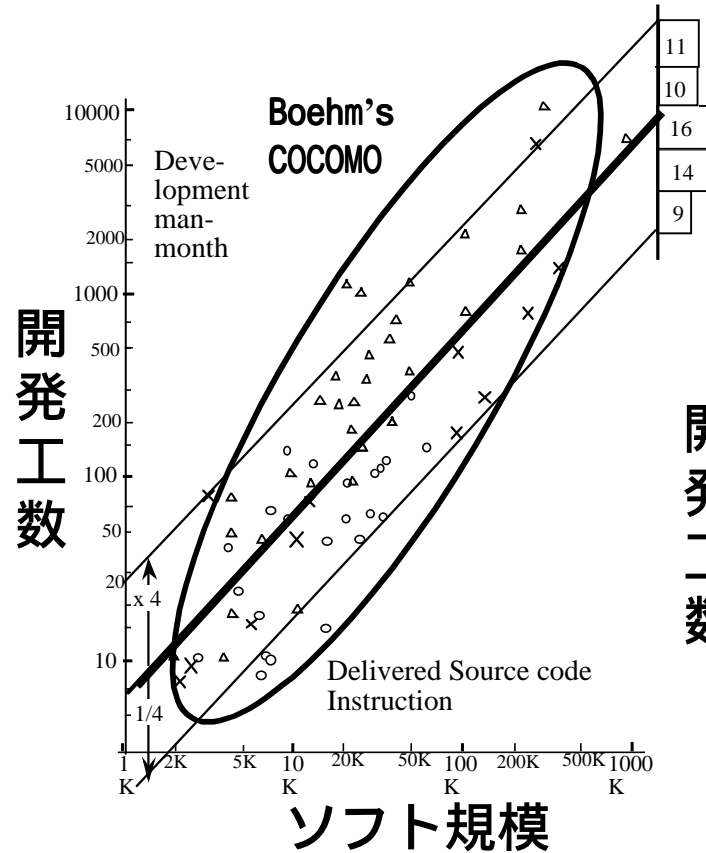
実績資料での検証2



全体として 工数 (規模)¹ の傾向あり
 の偏りは無視する 誤り数 (規模)¹ は勾配一致，傘形は後に説明

太傾向線(理論値)に釣鐘状(対数正規分布)にバラつく
 中心値の1/NからN倍， N=4なら1:16

実績資料での検証4

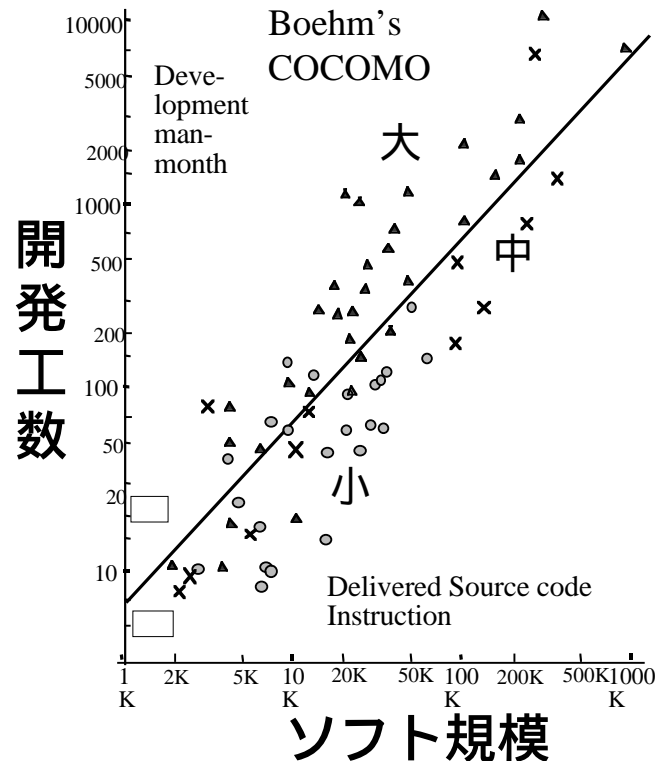


全体として 工数 (規模)¹ の偏りは無視する

誤り数 (規模)¹ の傾向あり
は勾配一致，傘形は後に説明

実績資料での検証1A

F. P. Brooks: ソフト規模が大きくなる程生産性は低下する

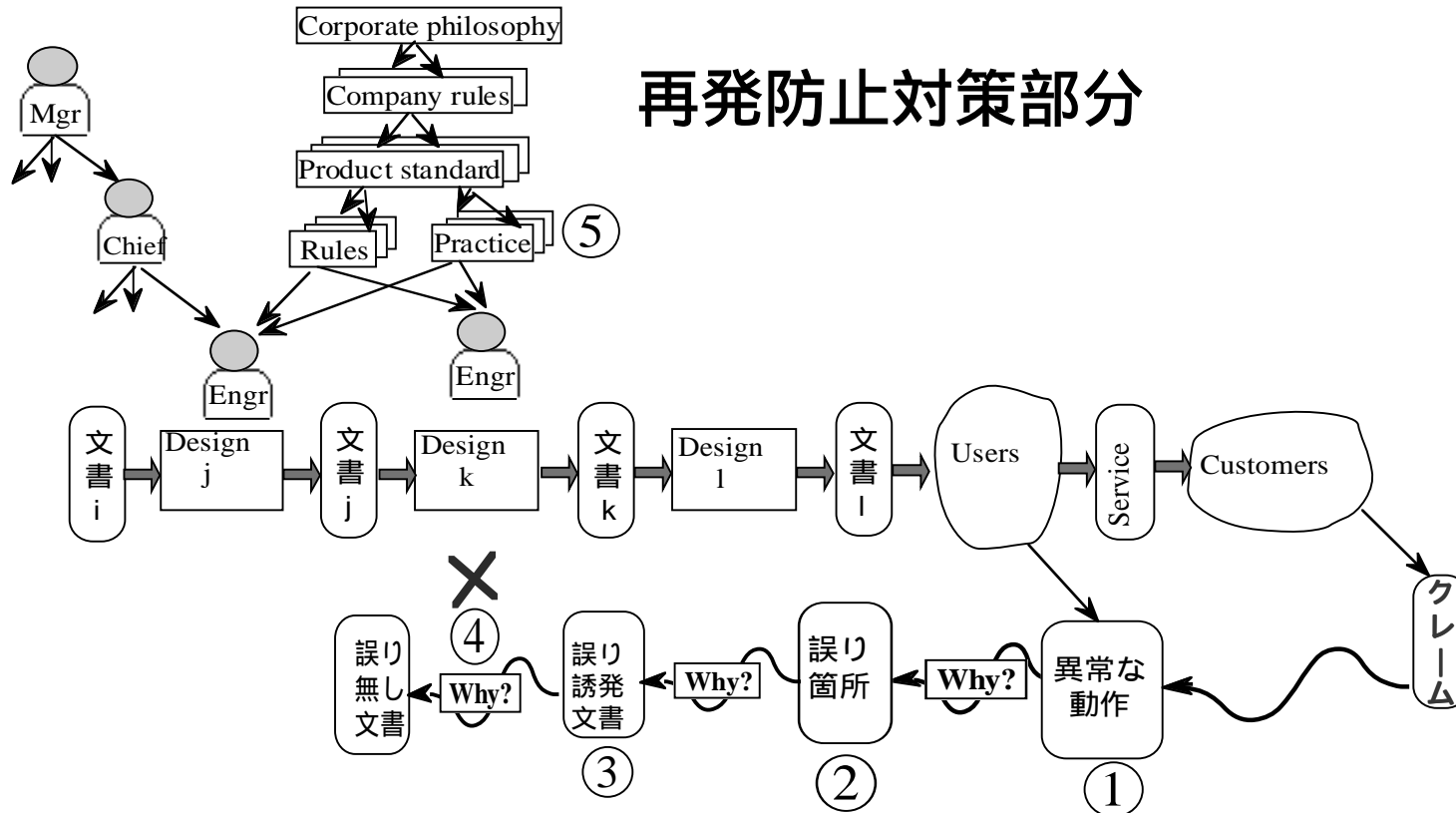


The mythical man-month* Essays on Software Engineering

- Brooks 意見：大規模化で作り方が変わる。
コミュニケーションの増大
- 規模↑
- Embedded 印 複雑, ハード絡み, 仕様厳密
- Semidetached × 印 中間的性格
- Organic 印 自社員内輪作業, 熟知者
- 彼の議論は, 常識論を随筆に述べた。
科学的な議論ではない
- 本報告は, 設計全体の共通特性
及び, 同一作業法での特性を議論

全体として 工数 (規模)¹ 誤り数 (規模)¹ の傾向あり

作込み工程の識別方法



ソースの誤りから上流に遡る．ある工程Pの出力文書には誤りに影響する要素があり，入力にはそれが無い工程Pが誤りを作り込んだ工程である

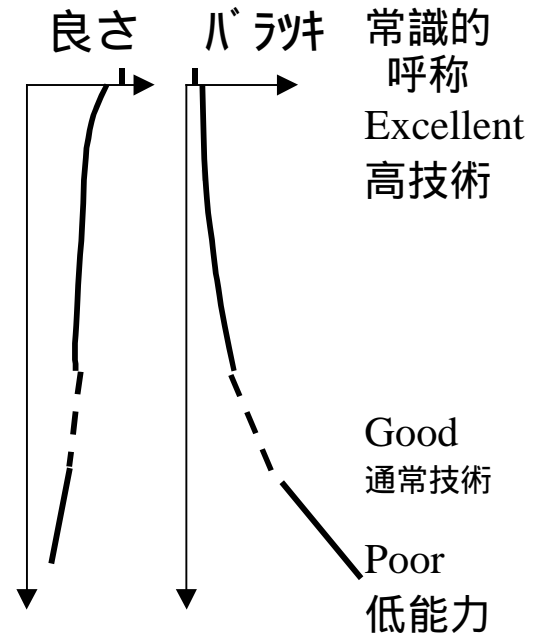
技術的能力の向上

如何にして優秀チームになるか

GTE社例

通信系に専念

トップ (技術系修士, MBA, 元BTL所員) の Management
技術に明るく定量化力の強いリーダーシップと指導
皆で検討し, 実験/試行し, 定量評価して実施に移行
通常の技術集団の向上策と同じ



開発対象がガラガラ変ったら技術は育たない
技術者に納得できる仕事をさせる環境が必要