

ソフトウェア品質シンポジウム2020

ウォーターフォール型ソフトウェア開発における工程の重なりと利益率の関係

2020年9月10日

日本電気(株) 上野 拓也

\Orchestrating a brighter world

NECは、安全・安心・公平・効率という
社会価値を創造し、
誰もが人間性を十分に発揮できる
持続可能な社会の実現を目指します。

目次

1. 分析動機
2. 分析方法
3. 分析結果
4. 考察
5. まとめ

1. 分析の動機

ウォーターフォール型ソフトウェア開発はまだ広く利用されており、
その利益率を確保することは重要である

課題

目標の利益率を確保できるように計画時点でチェックしたい



開発計画を俯瞰すると
工程間の重なりにはばらつきがある

工程間の重なりには良い面も悪い面も
あることは経験的にわかっている

工程の重なりが利益率に与える影響に着目

ウォーターフォール型ソフトウェア開発の日程計画

プロジェクトの日程計画

一般 工程間で重ならない日程計画

実際 隣り合う2工程間の双方向の関係により
工程間で重なりのある日程計画

メリット

- ・次工程の作業者の手待ち時間の減少
- ・並行作業による開発期間の短縮

プロジェクトの利益率向上

デメリット

- ・過度に工程重ねることによる後戻り工数増加
- ・品質やコストへの悪影響

利益率悪化のリスク

工程の重なりにおけるプロジェクト利益率への影響



工程間の重なりと利益率の関係に関する知見、および開発現場への適用

■ 工程の重なりと利益率の関係について以下の3点を分析

計画段階での日程に基づいた分析

RQ1 : プロジェクト全体で見た工程の重なりと利益率の間にはどのような関係があるのか

RQ2 : 工程の重なりを個別に見た時の利益率と関わりのある工程はどれか

RQ3 : 工程の重なりと品質メトリクスを用いて利益率の説明はできるか

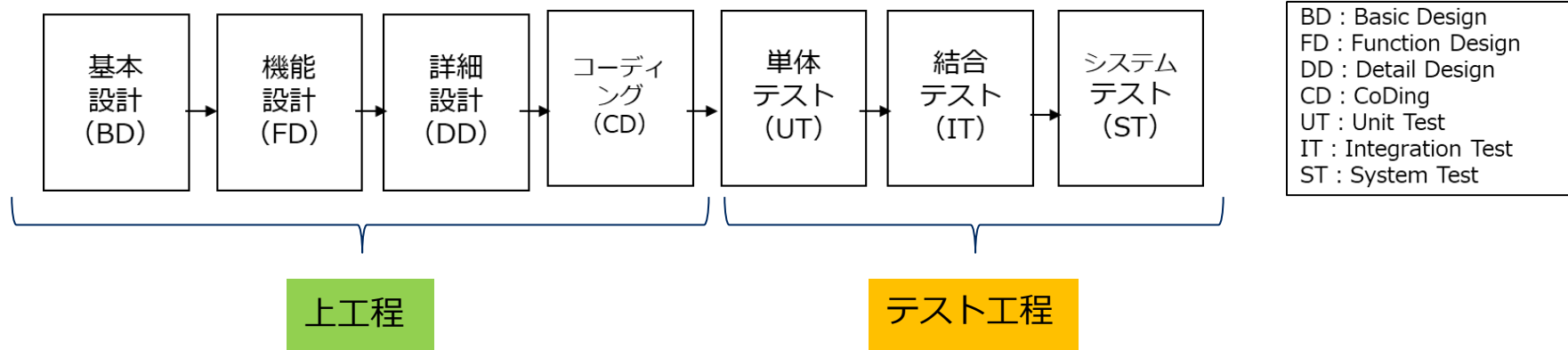
2. 分析方法

分析対象データ

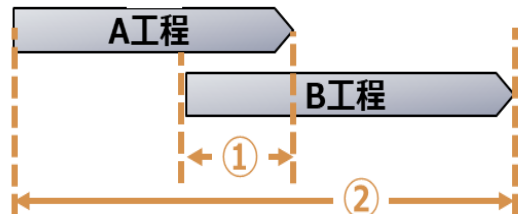
2018年度完了の74件のプロジェクトデータを使用

- ・ウォーターフォール型ソフトウェア開発プロジェクト
- ・特定の顧客向けの開発を行うシステムインテグレーション開発
- ・一定開発規模以下の改修プロジェクトで出荷後の品質基準を満たしたもの

ウォーターフォール型ソフトウェア開発プロセス



重なりの状態



- ①A工程とB工程の重なり期間
- ②A工程の開始からB工程の終了までの期間
- ②の期間内の①の部分が重なりの状態

工程の重なりの定義

$$\text{AB工程の重なり} = \frac{\text{A工程とB工程の重なりの期間（上図①）}}{\text{A工程の開始からB工程の終了までの期間（上図②）}}$$

工程間で重なりの状態を把握

例)

前後の工程の重なりがないシーケンシャルな状態では0
前後の工程が開始から終了まで完全に重なる並行状態では1

工程間の重なり：0

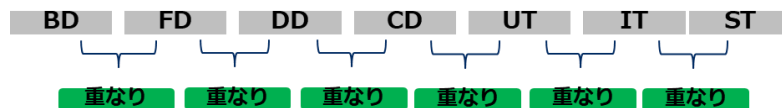


工程間の重なり：1

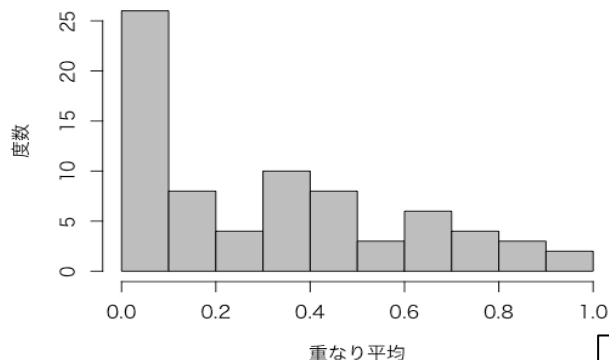


重なりの平均

1プロジェクトの中で、隣り合う2工程の重なりをそれぞれ求め、
それらの平均を求めた値



74プロジェクトの工程の重なりの平均値の分布図



重なり平均が0.0～0.1（重なりが少ない）
のプロジェクトが最も多い

74PJの平均値 : 0.308
74PJの中央値 : 0.272

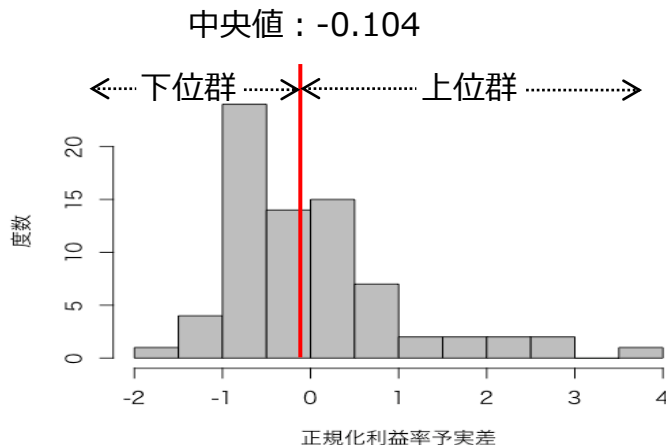
利益率の予実差

計画時の利益率と実績の利益率の差分の値を使用

⇒ 利益率の計画に対する乖離度合いに着目

利益率の予実差 = 実績の利益率 - 計画時の利益率

利益率予実差を正規化*した値の分布図



中央値(-0.104) により上位群と下位群に分割



以降の分析では利益率予実差の
上位群、下位群を分析に使用

*正規化した値とは、各プロジェクトの予実差から
その平均値を引いたものを標準偏差で割った値

収集データ項目

RQ3の分析に使用

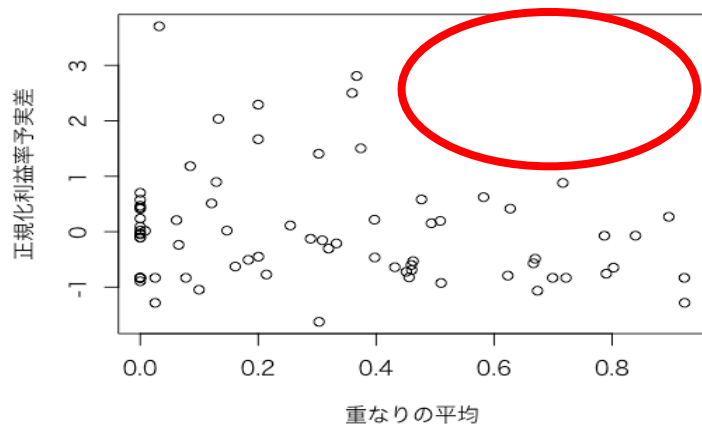
データ項目	定義
上工程バグ摘出率	上工程の摘出バグ数 / (上工程摘出バグ数 + テスト工程摘出バグ数)
開発生産性	開発規模 / 開発工数 (人H)
上工程新規バグ数/KL	開発規模あたりの上工程 (BD工程からCD工程) の新規バグ数
テスト工程新規バグ数/KL	開発規模あたりのテスト工程 (UT工程からST工程) の新規バグ数
新規テスト項目数/KL	開発規模あたりの新規テスト項目数
各工程の開発工数/KL	開発規模あたりの各工程の設計開発工数 + レビュー工数 (人H)
各工程のレビュー工数/KL	開発規模あたりの各工程のレビュー工数 (人H)
各工程の新規バグ数/KL	開発規模あたりの各工程の新規バグ数

3. 分析結果

工程の重なりと利益率予実差 — プロジェクト全体に着目 (1)

RQ1 : プロジェクト全体で見た工程の重なりと利益率の間にはどのような関係があるのか

工程の重なりの平均と利益率予実差の分布図



相関係数 -0.179
p値 $= 0.127$

負の相関は認められない

ただし、右上の重なりの平均 0.4 以上の部分（丸の部分）にデータの分布がない



工程の重なりの平均が一定以上高くなると正規化利益率予実差が大きくなる傾向

工程の重なりと利益率予実差 –プロジェクト全体に着目（２）

RQ1：プロジェクト全体で見た工程の重なりと利益率の間にはどのような関係があるのか

工程の重なり平均の閾値による分析（カイ二乗検定）

0.4基準

		重なりの平均		計
		0.4未満	0.4以上	
正規化利益率	上位群	28	9	37
予実差	下位群	20	17	37
計		48	26	74

カイ二乗値 = 3.79
p値 = 0.088

0.4を基準に分割したデータでは
有意水準10%では関係がある

0.1基準

		重なりの平均		計
		0.1未満	0.1以上	
正規化利益率	上位群	16	21	37
予実差	下位群	10	27	37
計		26	48	74

カイ二乗値 = 2.13
p値 = 0.223

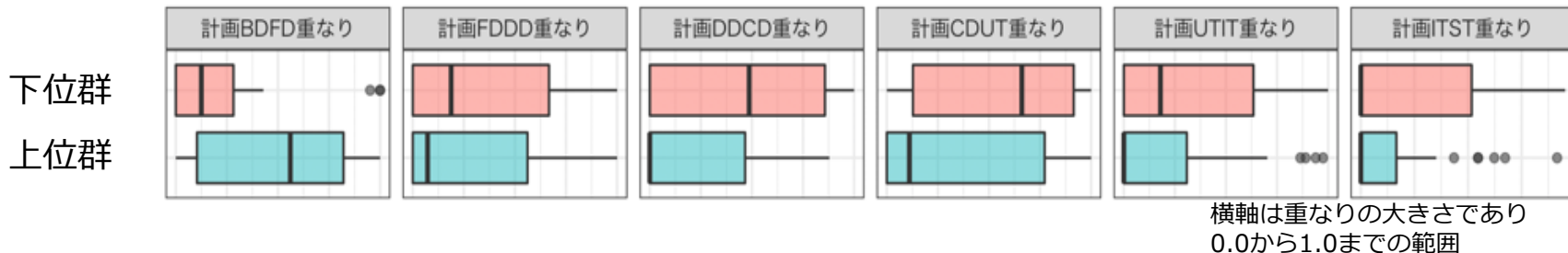
0.1を基準に分割したデータでは
関係は認められない

- ・ 0.4未満では利益率予実差に向上の余地あり
- ・ 0.4以上は利益率予実差の大幅向上は難しい
- ・ 0.1未満か否かでは利益率予実差に影響なし

工程の重なりと利益率予実差－ 個別の組合せによる分析（１）

RQ2：工程の重なりを個別に見た時の利益率と関わりのある工程はどれか

隣り合う2工程の重なりと利益率予実差の上位群と下位群の関係



- ・ 利益率予実差の上位群、下位群のいずれも一定の幅で重なりのある計画を立てている
- ・ BDとFDの組合せは利益率予実差の上位群が下位群より重なり大きく、その他の組合せでは逆の状態

工程の重なりと利益率予実差－ 個別の組合せによる分析（２）

RQ2：工程の重なりを個別に見た時の利益率と関わりのある工程はどれか

利益率予実差別の工程の重なりの平均値、および中央値による比較

平均値比較（t検定）

利益率予実差	BDFD重なり	FDDD重なり	DDCD重なり	CDUT重なり	UTIT重なり	ITST重なり
下位群	0.266	0.323	0.448	0.554	0.317	0.239
上位群	0.478	0.277	0.209	0.359	0.202	0.134
n	31	73	71	69	70	73
p値	0.129	0.579	0.006***	0.047**	0.164	0.123

***p<.01 **p<.05 *p<.1

中央値比較（ウィルコクソンの順位和検定）

利益率予実差	BDFD重なり	FDDD重なり	DDCD重なり	CDUT重なり	UTIT重なり	ITST重なり
下位群	0.125	0.188	0.487	0.661	0.661	0.661
上位群	0.561	0.073	0.000	0.111	0.000	0.000
n	31	73	71	69	70	73
p値	0.099*	0.506	0.006***	0.043**	0.040**	0.107

***p<.01 **p<.05 *p<.1

- DDとCD、CDとUTの組合せは、平均値、中央値のいずれも下位群の方が工程の重なりが有意に大きい（赤枠）
- 中央値では、BDとFD、UTとITの組合せで有意差あり（青枠）
- BDとFDの組合せは上位群が下位群より重なりが大きい（その他の組合せとは逆の状態）

RQ3：工程の重なりと品質メトリクスを用いて利益率の説明はできるか

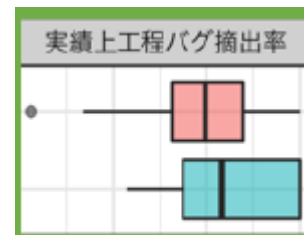
品質メトリクスを利益率予実差の上位群、下位群に分けて分析

以下のデータ項目について平均値比較を実施（t検定）

上工程バグ摘出率、開発生産性、上工程新規バグ数、
テスト工程新規バグ数、新規テスト項目数、各工程の開発工数/
レビュー工数/新規バグ数

⇒上工程バグ摘出率のみ有意差あり

下位群
上位群



P値=0.048

- ・ 上工程バグ摘出率のみ利益率予実差と関係あり
- ・ 利益率予実差の上位群が下位群と比較し、上工程バグ摘出率が高い

利益率予実差を説明する要因（2）

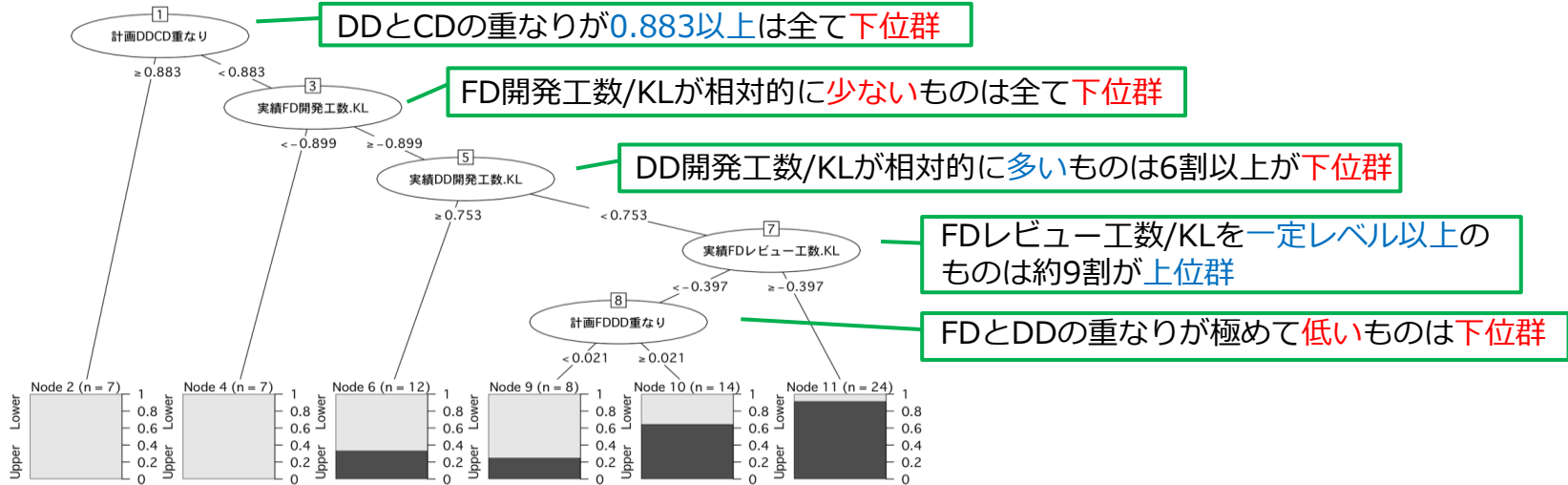
RQ3：工程の重なりと品質メトリクスを用いて利益率の説明はできるか

決定木分析

利益率予実差を説明する変数

工程の重なり：DDとCD、FDとDD組合せ

品質メトリクス：FD開発工数/KL、DD開発工数/KL、FDレビュー工数/KL



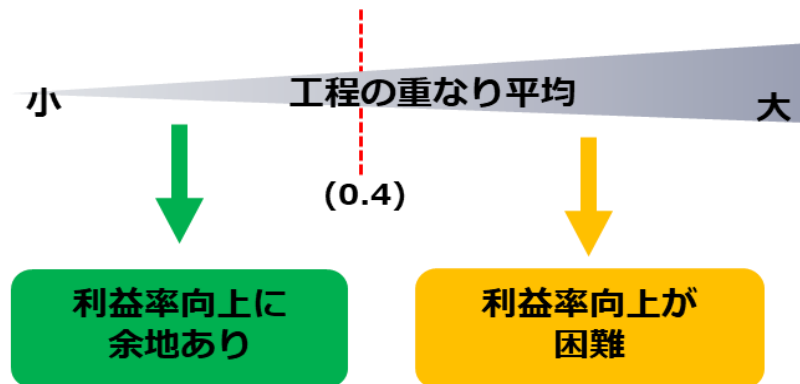
4. 考察

RQ1：プロジェクト全体で見た工程の重なりと利益率の間にはどのような関係があるのか

- ・ 工程の重なり平均が0.4未満の場合、利益率予実差の向上と関係

ある程度までは工程に重なりのある日程計画を立てることが利益率向上させる余地あり

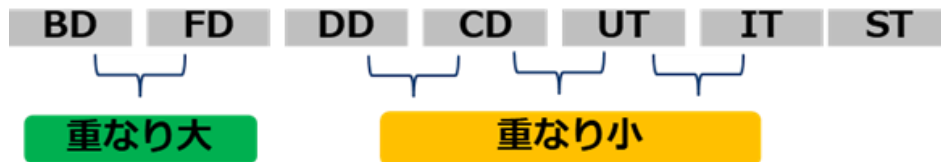
一方、過度な重なりのある日程計画にした場合、利益率向上は期待できない



RQ2：工程の重なりを個別に見た時の利益率と関わりのある工程はどれか

- ・ 利益率向上のため、工程の重なりを大きくした方がよいのは、BDとFDの間
- ・ 利益率向上のため、工程の重なりを小さくした方がよいのは、DDとCD、CDとUT、UTとITの重なり

FDにおける機能の実現の可能性の検討を進めながらBD作業を行うと、コスト削減に結び付く可能性がある一方で、DDからIT間の工程では、極力工程を重ねず、工程移行審査などを着実に実施すべき



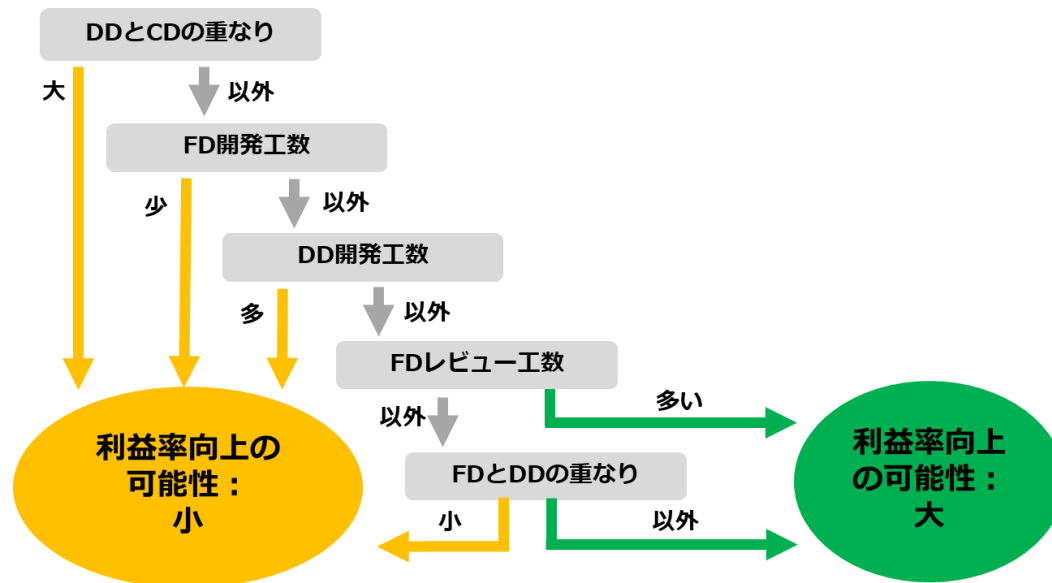
RQ3：工程の重なりと品質メトリクスを用いて利益率の説明はできるか

- 利益率予実差と関係があるものは下記のとおり

工程の重なり：DDとCD、FDとDDの間

品質メトリクス：上工程バグ摘出率、FD開発工数、DD開発工数、FDレビュー工数

上工程の品質を良くすることで、総合的な改善につながる。その際の注意すべきポイントは下図に示すとおり



5. まとめ

まとめ

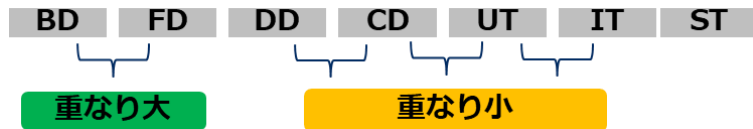
ウォーターフォール型ソフトウェア開発の日程計画に基づいた工程の重なりと利益率の関係性を分析した結果、

- ある程度の工程の重なりは利益率向上の余地があるが、工程の重なりが大きくなると、利益率向上の余地が小さくなる



- BDとFDの重なりは大きい方が望ましいが、DDからIT間の重なりは小さい方が望ましい

ことを示すことができた



今後の課題としては、サンプルサイズを増やした上で普遍的な分析結果を得ることが挙げられる

\Orchestrating a brighter world

NEC