

電子情報通信学会 2015年度 第4回
ソフトウェアインタプライズモデリング研究会 (SWIM)

限定合理性を考慮したシステム設計 完了時期の予測方法に関する研究

2016年02月26日

株式会社 テクノウェア
高木 正博

三菱電機株式会社
小倉 博行

文教大学
石野 正彦

目 次

1. はじめに
2. 先行研究事例と本研究の視点
3. 限定合理性 Bounded Rationality
 3. 1 限定合理性と限界の緩和
4. 生産性評価関数、システム設計限界時間の定義
 4. 1 生産性評価関数等に関する仮説
 4. 2 システム設計成長曲線の仮定
 4. 3 システム設計限界時間係数と生産性評価関数との相関
5. 仮説に基づき得られた関係式
6. システム設計限界時間の活用について(実例)
7. 今後の研究課題
8. まとめ

1. はじめに

研究目標

システム開発を成功に導く上で重要な上流工程の「システム設計完了時期」に関わるパラメータ、生産性評価関数の仮説に加え、限定合理性を考慮したシステム設計限界時間係数を客観的・合理的に予測する方法論を考案し、発注者と受注者間のシステム開発リスクの最小化とP/J崩れ防止に寄与する。

背景と狙い

技術面; Cloud Big Data (IoT) SNS Mobile Security 人工知能*
(*: IPSJ Software Japan '16 '16/4/Feb.)

経営面; 情報システムの社会インフラ化、グローバル化、業界再編・経営統合
→ 情報サービスの高度化及びシステムの大規模化・複雑化
→ システム開発リスクの増大 → P/J崩れ防止(Q/C/Dの最適化)

システム設計は、発注者と受注者の共創による「意思決定(合意形成)」作業である。
限定合理性、即ち主観的合理性の「限界の緩和」策を考慮した意思決定(システム設計)が大規模・複雑化するシステム開発リスクの軽減、P/J崩れ防止策に必須である。

2. 先行研究事例と本研究の視点 (1)

System Engineering 及び限定合理性との関連性

1969年	米国PMI (Project Management Institute)設立
1970年代	Engineering Management (最適化)
1978年	Herbert Simon (ノーベル経済学賞)
1994年	国際標準「ISO/IEC15288」 System Engineering Process
1997年	Herbert Simon 「限定合理性」(経営行動 第4版*)

*:Administrative Behavior: A Study of Decision Making Processes in Administrative Organizations, Fourth Edition, 1997

2000年以降	System of Systems Engineering (2008)	[6]
	システム創成学(2008)	[11]
	「限界合理性と進化するシステムへの適用」	
	設計者中心 → ユーザ中心・人間中心設計	
	IPA-GL (2008)	[3]
	Enterprise Systems Engineering (2010)	[7]
	Engineering Systems (2011)	[8]

<システム設計限界時間係数の考え方>

限定合理性・全体最適等の「Systems Engineering」の視点と合致

2. 先行研究事例と本研究の視点(2)

先行研究事例 : 共通事項 仮説・モデル化・評価のPDCAサイクル

	品質	コスト	工程	設計限界	目的
方法論 A	○	○	○	○	全体最適
方法論 B	—	◎	○	—	コスト優先
方法論 C	—	○	◎	—	納期優先
本研究	—	—	(○)	◎	納期優先 ... *

System & Software Engineering (2000年以前) Project Management EVM: Earned Value Management
* : 発注者と受注者の合意形成

先行研究事例と本研究の比較

- 方法論 A : System of Systems Engineering / Enterprise Systems Engineering Engineering Systems [6],[7],[8]
- 方法論 B : EVM 及びリスク・マネジメント [9]
- 方法論 C : EVM 及び スケジュール順守性指数 [10]
- 本研究 : 限定合理性により設計限界に着目 品質・コスト; 今後の研究課題

3. 限定合理性 Bounded Rationality



Herbert A. Simon 

Carnegie Mellon University Professor of Computer Science



the Prize in Economic Sciences 1978

受賞理由; His pioneering research into the decision-making process within economic organizations

(出典;ノーベル財団)

人間を限定された合理性を有する意思決定主体と仮定

(1)人間はできるかぎり合理的に意思決定しようとするが、合理性に限界が存在するために完全に合理的な意思決定をすることはできない。

(2)合理性の限界

- 意思決定のために必要な全ての情報を収集できない情報収集能力の限界
- 意思決定に基づいた行動の結果を全て完全に予想できない計算能力の限界

3.1 限定合理性と限界の緩和

システム設計は、発注者と受注者間の意思決定
合理性の限界の緩和：組織が合理性の限界を緩和する。

意思決定の局面	客観的合理性	主観的合理性
選択肢の概観	パノラマ的に概観	断片的な知識・洞察のみ
結果の知識	正確な知識	断片的・部分的・不完全
結果の評価	完全に正しい評価	変化して一貫性が無
行動の可能性	全ての選択肢	実行可能な選択肢のみ

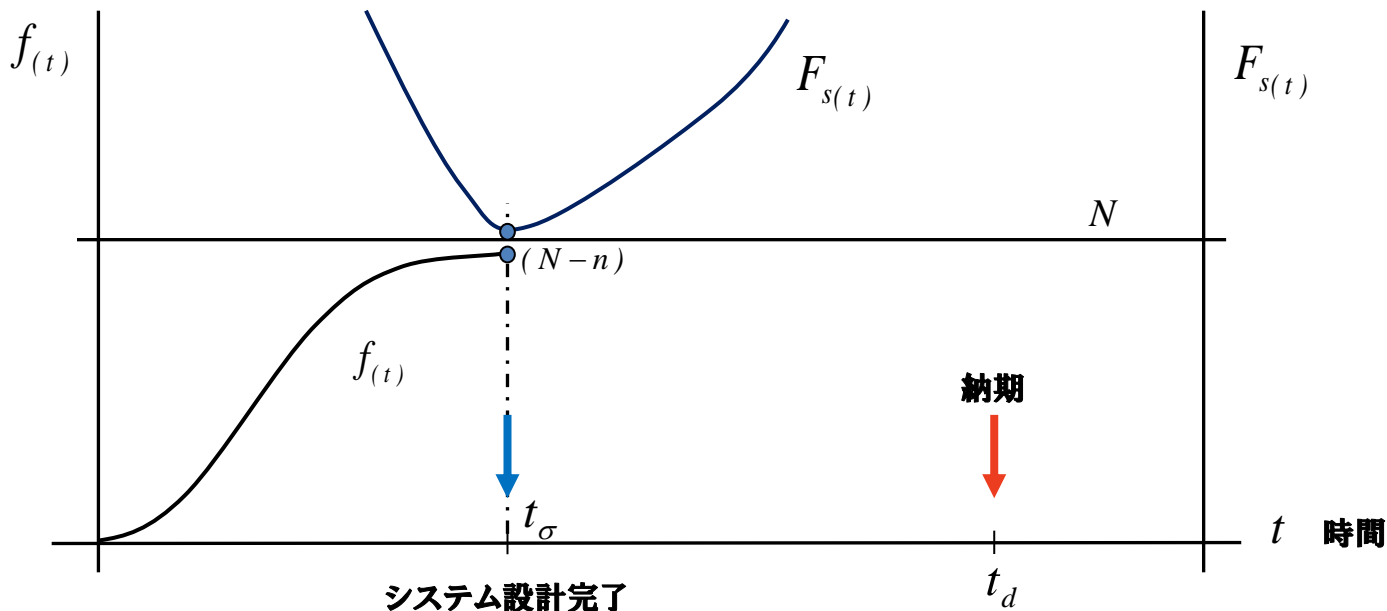
客観的合理性と主観的合理性の比較 [12]

発注者と受注者間の意思決定は、属人性を有する主観的合理性に依存
システム設計時に有益な合理性の限界緩和策とは、一体何か？

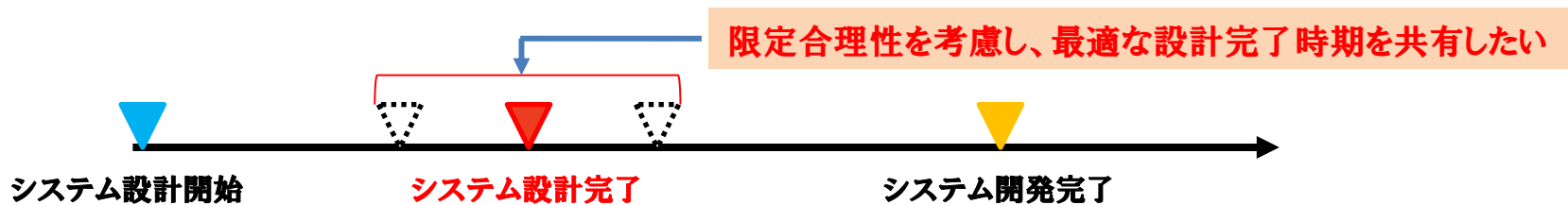


システム設計限界時間係数の考案

4. 生産性評価関数 $F_{s(t)}$ システム設計限界時間 t_{σ} の定義



生産性評価関数、システム設計限界時間の定義



システム設計完了タイミングを客観的・合理的に決定する方法論は
 厳密解がなく経験知の集約・体系化を要する(System) Engineering問題

4.1 生産性評価関数等に関する仮説

システム設計完了は、最適なタイミングが存在し、生産性が最大になると仮定する。このタイミングをシステム設計限界時間 t_σ と定義する。

生産性評価関数 $F_{s(t)}$ は (a)と(b)の知見により時間の関数で定義する。

一般に時間 t に比例し仕様の曖昧度は 0 近く ----- (a)

後半工程の生産性は、時間 t に反比例要素が存在 ----- (b)

生産性評価関数 $F_{s(t)}$
$$F_{s(t)} = \sum (\alpha_i t^i + \beta_i t^{-i}) \quad \dots(1)$$

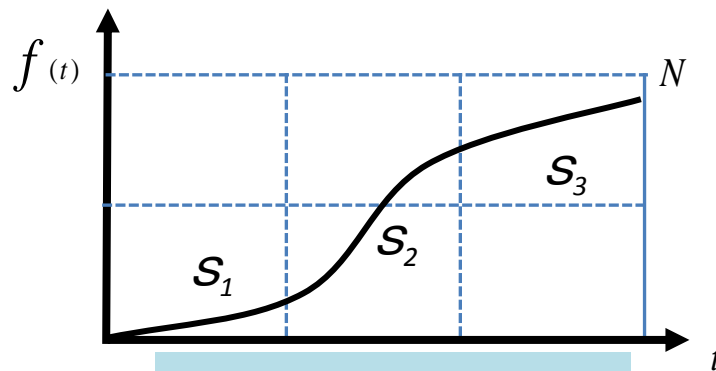
本研究は式(2)と仮定
$$F_{s(t)} = \alpha t + \frac{\beta}{t} \quad \dots(2)$$

4.2 システム設計成長曲線の仮定

システム要件定義で決めるべき項目数 N

$$N = N_I + N_F + N_{nF} \quad \dots(3)$$

システムインフラ N_I 対象業務の機能数 N_F 非機能要件数 N_{nF}



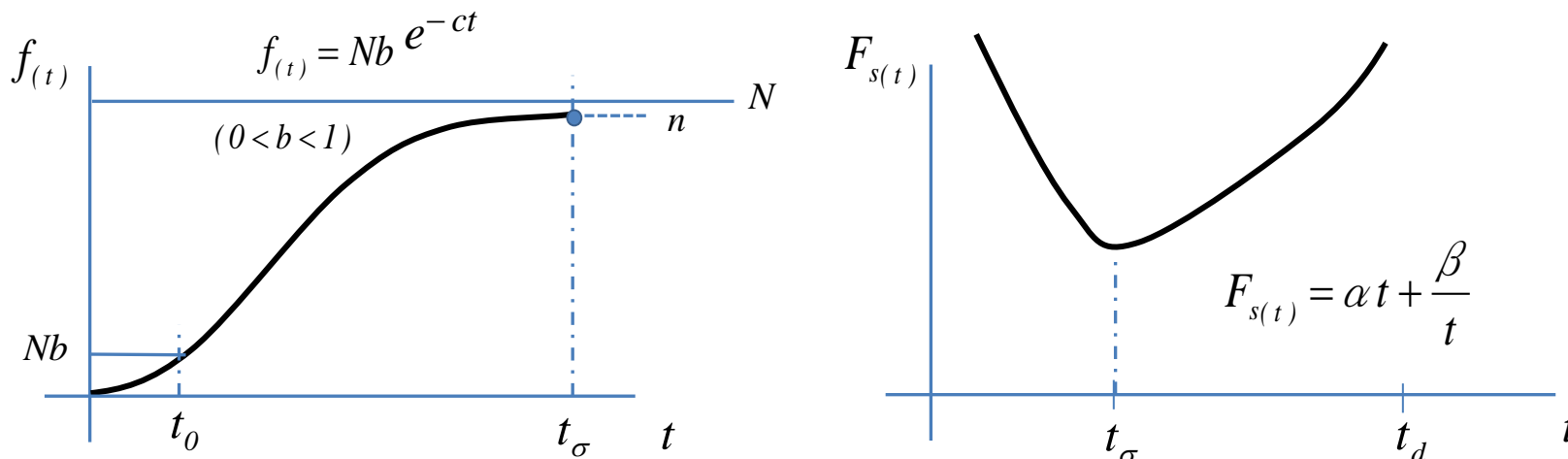
システム設計成長曲線

進捗曲線は通称 S字カーブ

この進捗曲線は Gompertz 成長曲線で記述可能と仮定

$$f(t) = Nb^{e^{-ct}} \quad \dots(4)$$

4. 3 システム設計限界時間係数 k と生産性評価関数との相関



$0 < k < 1$ の係数をシステム設計限界時間係数と定義する。

$$t_{\sigma} = k t_d \quad \dots (5)$$

生産性最大 = 変曲点

$$\frac{dF_s}{dt} = \alpha - \frac{\beta}{t^2} = 0 \quad \dots (6) \quad t_{\sigma} = \sqrt{\beta / \alpha} \quad \dots (7)$$

未決定項目 n に対し $n/N = 0.05$ 程度となる時間 t は $t \cong t_{\sigma}$ と考えられる。

5. 仮説に基づき得られた関係式

合理性の限界の緩和に有益で発注者と受注者間で共有・活用可能な式(8)～(10)が得られた。

システム設計限界時間 t_σ
$$t_\sigma = \frac{1}{c} \ln \left(\frac{\ln b}{\ln \left(1 - \frac{n}{N}\right)} \right) \quad \dots(8)$$

$t < t_\sigma$ の場合は、設計に漏れがあり、 $t > t_\sigma$ の場合は、後半工程が切迫する。

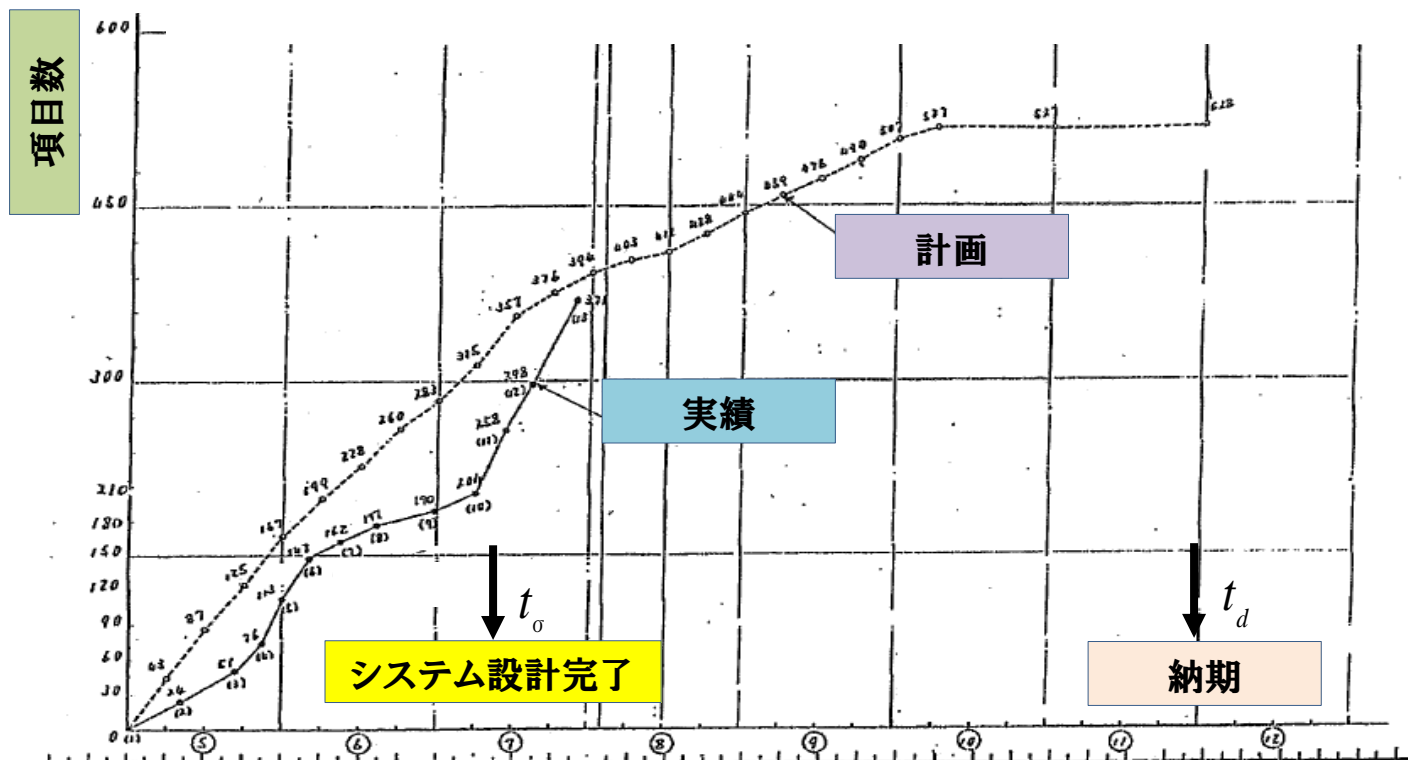
システム設計限界時間係数 k
$$k = \frac{1}{ct_d} \ln \left(\frac{\ln b}{\ln \left(1 - \frac{n}{N}\right)} \right) \quad \dots(9)$$

$0 < k < 1$ の値域でシステムにより異なるが、経験値は $0.3 < k < 0.4$ 程度である。

生産性評価関数との関係式
$$\sqrt{\beta/\alpha} = t_\sigma = \frac{1}{c} \ln \left(\frac{\ln b}{\ln \left(1 - \frac{n}{N}\right)} \right) \quad \dots(10)$$

従来、生産性は実績評価の静的指標 → 時間変数の関数と α 、 β は検討課題

6. システム設計限界時間の活用について (1)



プロジェクトの実例

<システム概要>

リアルタイム系制御システム 新OS対応でアプリケーションは流用(約100KL)

t_{σ} ; 2.5ヶ月 t_d ; 7ヵ月 $N = 315$ $k = 0.36$ (実績値) $k = 0.3$ 程度(経験知)

6. システム設計限界時間の活用について (2)

実例により得られた重要事項

- (1) 経験知 $k=0.3$ が、実績値で $k=0.36$ → 一般解(数式化)解明の動機
- (2) 工程表を基にWBSで作業項目定量化 N → 下記 a) b) の定量的評価に有効
- (3) t_g の時点で発注者と受注者間で t_d 確保の合意形成に有効(下記 c) d) e))
 - a) **工程遅れの評価** 入出力、機能数から開発するソフトウェア規模を推定し遅れの後半工程への影響度評価と開発要員の妥当性等を事前検討可能
 - b) **システム要件未決事項数 n の確認** 稼働に必須の未決事項有無を検証し未決事項の総数と内容の確認及び決定時期の合意形成が t_d 直後に可能
 - c) **実現機能の優先度判断** b) と同時にシステム設計完了の中身を評価可能
 - 1) システム稼働に必須機能の評価
 - 2) アクセサリー機能の優先度判断
 - d) **コスト予測評価** a) で得られたソフトウェア規模から精度良く見積が可能システム設計迄のコスト把握及び、後半工程のコスト予測見積
 - e) **システム品質予測評価** a) で得られたソフトウェア規模から精度良く見積が可能ソフトウェア開発量に対する発生バグ予測 → バグ数/L(実績)から総数を予測

7. 今後の研究課題

(1) 生産性評価関数 $F_{s(t)}$ の妥当性

従来;ソフトウェア生産性は静的なライン当りのコスト実績として評価
本研究;時間を変数とする動的な生産性評価関数を仮説として導入

- 目的;実績データとの差異分析、式(8),(9),(10)の有効性向上
- パラメータ α β の中身を「Function Point法」を参考に具体化
 - システム要件定義総数 N の把握方法
 - 実例で提示したc),d),e)等の品質・コスト面への拡張

(2) システム設計の観察角度 (View Point)とシステム設計限界時間 人工技術的要素+人的要素+自然要素 「規模と範囲」、「機能」、「構造」、「時間的な広がり」

目的;(1)と(2)に伴う、システム設計限界時間 t_0 の精度向上策

8. まとめ

1. 開発現場での活用（意思決定の限定合理性の緩和）
 発注者と受注者間で限界の緩和に有益な工程に関するシステム設計限界時間係数を共有し、プロジェクト崩れの最小化に寄与可能な数式化ができた。

項目	システム設計限界時間係数	発注者と受注者間の情報共有
従来	粗い数値で属人性が存在	発注者に対する根拠説明が困難
本研究	精緻で属人性を排除した係数	発注者に対する根拠説明が容易

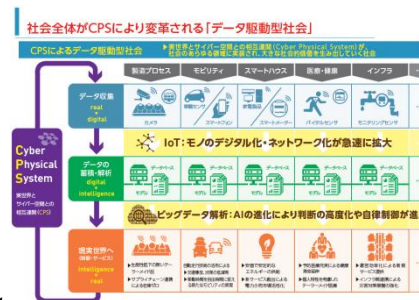
システム設計限界時間係数の導入を基に更に研究成果の精度を向上し工程に加えて品質・コスト面への拡張(簡易式導入)を目指す。

2. System Engineer の役割の高度化への貢献 → Knowledge型SI
 - ・ソフトウェア工学の課題である(再現性)の向上 [5]
 - ・Q/C/Dに関する「How to」型から「What to(問題解決)」型SEへ
 - ・新サービス共創型SEへ



(出典; IIC-HP)

Copyright : © 2016 TECHNWARE INC,



(出典; METI-HP)



(出典; IBM-HP)

御清聴 ありがとうございます