

| | |
|--------------|---|
| Title | 生成AI時代における受託システム開発企業の成長戦略： 人月モデル限界点と職種ポートフォリオ最適化 |
| Author(s) | 下野, 修; 日戸, 浩之 |
| Citation | 年次学術大会講演要旨集, 40: 458-463 |
| Issue Date | 2025-11-08 |
| Type | Conference Paper |
| Text version | publisher |
| URL | https://hdl.handle.net/10119/20303 |
| Rights | 本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management. |
| Description | 一般講演要旨 |

生成 AI 時代における受託システム開発企業の成長戦略 ～人月モデル限界点と職種ポートフォリオ最適化～

○下野修（東京理科大学／ゼロソフト），日戸浩之（東京理科大学）
8824223@ed.tus.ac.jp, h-nitto@rs.tus.ac.jp

1. はじめに

生成 AI の普及により、受託型ソフトウェア開発における生産性向上、品質管理の手法、価格の決め方が同時に変化しつつある。とりわけ中小の受託開発企業においては、見積り人月の圧縮による売上目減り、発注側の内製化・短納期要求の加速、職種別の付加価値配分の再編、という三つの圧力が同時に作用し、従来の「人月モデル」の利益維持が困難化しつつある。

本研究の対象企業（以下、対象企業）は、国内の中小受託システム開発企業であり、主要な開発領域は組込みソフトである。契約形態は請負（固定単価型）と準委任・派遣（時間精算型）が併存する。

本研究はこの状況を、組込み開発領域を対象として実証的に把握し、利益維持の臨界（限界点）と職種配分の最適化方策を提示することを目的とする。具体的には、先ず公開情報に基づく工程・職種別の平均削減率を、対象企業の過去3年分の組込み案件データに適用し、AI 導入率の上昇に伴う営業利益率の変化をシミュレーションして、人月モデル限界点を定義・特定する。次にシミュレーション結果を踏まえ最適 IT 職種ポートフォリオを算定し、実装可能な移行順序を示す。

2. 先行研究

生成 AI のソフトウェア開発適用は、各工程で生産性・品質向上をもたらすことが報告されつつある。Microsoft、Accenture、Fortune100 企業の3件の統合分析では、AI 補完の利用者は非利用者より同時期内の完了タスクが平均 26.08%多いこと、経験の浅い層で効果が大いことが示された [1]。この傾向は、生成 AI が一部タスクで経験代替的に働き、熟練度による格差を一時的に縮小しうるとの理論・実証と整合する [7]。

組込み領域では、BMW のケーススタディが SPACE 指標のいくつかで改善を示しつつ、サイクルタイムの即時・大幅短縮は明確でないと報告する [3]。また、自動車の ACC 機能を対象とする研究は、ISO 15622 に基づく静的解析・統合監視と AI 生成コードの併用枠組みを提示し、MISRA/単体テスト通過まで平均 16.3 回の反復と単体テスト負荷の高さを示した [4]。これは、テスト工数が減っても検証・保証比率が相対的に増える可能性を示唆する。

国内では、導入判断に関し品質・コスト・スケジュールの同時評価とチェックリスト/既存プロセス統合が推奨され [5]、実務調査では活用がコーディング/ドキュメント/テストに集中する一方、取り組み率はなお限定的である [6]。これらの知見から整理した工程別の工数削減率は図 1 のとおり幅があり、設計は中央値が低く、プログラミング・テストは相対的に高い傾向が見て取れる。分布整理に基づく分野別平均が表 1 である。

図 1 工程別の工数削減率ばらつき

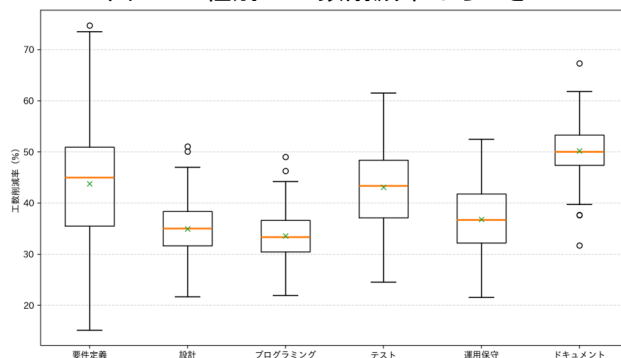


表 1 開発分野と工程毎の工数削減率(平均値)

| 工程分野 | 要件定義 | 設計 | プログラミング | テスト | 運用保守 | ドキュメント |
|---------|------|-----|---------|-----|------|--------|
| Web アプリ | 45% | 60% | 50% | 50% | 40% | 50% |
| 業務システム | 50% | 30% | 30% | 50% | 40% | 50% |
| 組込みソフト | 40% | 15% | 20% | 30% | 30% | 50% |

図 1・表 1 出所) 公開情報をもとに筆者作成

総合すると、生成 AI の浸透・効果は Web アプリ／業務システムで先行し、組込みでは相対的に抑制される。組込みは機能安全・認証整合、ハード制約、検証負荷がボトルネックとなり、設計補助・プロトタイピング・テスト生成・文書化など低リスク工程から段階導入されやすく、同一工程でも達成する削減率の上限が低めとなる [4] [5]。とりわけ組込みソフト分野では、国内調査が示す生産性向上の取り組み率の低さ (26.4%) も踏まえ、表 1 では設計工程 15%、プログラミング工程 20% という保守的な平均値を設定した。これらは直接計測値ではなく、公開研究・企業事例・調査データを統合したうえで筆者が置いた仮定値である [6]。

さらに、受託開発の価格決定方式 (人月・固定価格・準委任) が売上・利益に及ぼす影響を数量的に評価した研究は限られ、これまでの研究は主に平均的生産性改善率の測定にとどまる。本研究は、工程・職種別の期待削減率 (表 1) を前提に、AI 導入率と営業利益率の関係を契約形態差も含めてモデル化・シミュレーションする点に新規性がある。

以上より、本研究は生成 AI の浸透が相対的に遅れがちな組込みソフト分野を対象とし、次の 3 つの仮説を中心に、利益維持の限界点 (H1)、職種再配分による防衛 (H2)、契約形態差の感度 (H3) を分析する。

3. 仮説

- H1 (限界帯の存在)

AI の導入率と営業利益率の関係には「限界帯」が存在し、導入率はその帯域に達すると、営業利益率の低下がそれ以前よりも速いペースで進む。この限界帯に入る導入率を「人月モデル限界点」と呼ぶ。

- H2 (再配分による防衛)

プログラミングに偏った工数配分を、テスト設計・設計・ドキュメント化などの上流および品質に関わる活動へ段階的に再配分すると、同じ導入率で比較した場合でも営業利益率の低下は有意に緩和され、目標利益率を初めて下回る導入水準 (限界点) は、より高い導入率側へ移動する。

- H3 (契約形態差の感度)

同じ導入率で比較した場合、請負 (固定価格) 契約は、準委任・派遣契約よりも営業利益率の悪化が大きい。これは価格低下圧力が契約形態によって異なり、請負の方が強いことに起因する。したがって、ポートフォリオにおける請負の比率が高いほど、限界点はより低い導入率で出現する。

4. 分析枠組みと主要指標

本章では第 3 章で用いた用語・概念 (AI 導入率、営業利益率、限界点、価格低下圧力など) を記号とともに定義する。(表 2 参照)

職種 i (設計・PG・テスト等) ごとの期待削減率 μ_i と構成比 p_i を用い、各職種の削減率と構成比を掛け合わせた加重平均を、最大潜在削減率 (MPR : Maximum Potential Reduction) として定義する。

$$MPR = \sum_i p_i \mu_i \quad \cdots \text{式 (1)}$$

実現削減率 R_p は AI 導入率 r に比例する線形近似を採り、

$$R_p = r \cdot MPR = r \cdot \sum_i p_i \mu_i \quad \cdots \text{式 (2)}$$

と置く。利益率は契約形態別の単価圧力 γ を売上側に反映し、稼働短縮後のコストとの差から算定する。ここで、準委任・派遣 (TM) は稼働短縮が売上に直結するため γ_{TM} を小さめに、固定価格 (FP) は価格交渉圧力が相対的に大きいため $\gamma_{FP} > \gamma_{TM}$ と仮定する。

表 2 主要変数一覧

| 記号 | 定義 | 単位・範囲 | 設定値・仮定 |
|----------|---------------|-------|--|
| r | AI 導入率 | 0-1 | 0.0~1.0 を走査 |
| p_i | 職種 i の工数比率 | % | PG、SE、テスト、ドキュメント等 |
| μ_i | 職種 i の期待削減率 | % | 公開情報平均値(組込みソフト分野) |
| MPR | 最大潜在削減率 | % | $MPR = \sum_i p_i \mu_i$ |
| R_p | 実現削減率 | % | $R_p = r \cdot MPR$ |
| GM | 営業利益率 | % | 目標値 13% |
| γ | 単価圧力係数 | - | $\gamma_{FP} = 0.35 \cdot r, \gamma_{TM} = 0.10 \cdot r$ |
| r^* | 人月モデル限界点 | 0-1 | GM<13%案件比率急増点として推定 |

FP : Fixed Price (固定単価契約)、TM : Time & Materials (準委任／派遣契約)

主要指標は、(i) 営業利益率 (GM)、(ii) GM \geq 13%維持の可否、(iii) 人月モデル限界点である。

以降の結果は、H1→H2→H3 の順に提示し、各図表キャプションおよび小節冒頭で対応仮説を明示する。

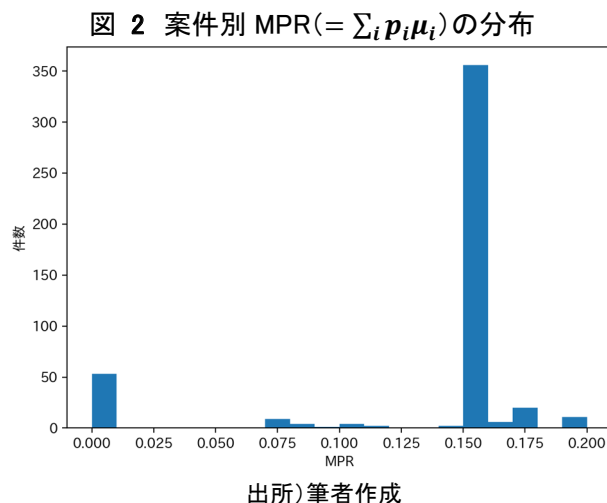
5. データと推定方法

対象企業の過去3年分(2023~2025年度)の組込み案件データ(N=311)を適用する。主分析は設計・プログラミング・テスト工程に焦点を当て、工程・職種別の削減率 μ_i は公開情報のレンジを参照しつつ平均値を採用した。

推定手順は以下の通りである。

- ① 基準年における案件別の売上・原価から素の GM を算出。
- ② $r \in [0,1]$ を走査し、式(2)に基づく R_p を用いて仮定の売上・原価を再計算。
- ③ 契約形態構成を維持して案件集合の GM 分布を作成。
- ④ GM<13%の案件比率を導入率別に集計し、閾値超過の発生点を限界点として記録する。

各案件の MPR の分布は図 2 のとおりである。値は特定の範囲に集中している一方で、全体としてはばらつきがあり、案件ごとの差異が大きいことが確認できる。



6. シミュレーション設計

基本シナリオは、(A) 工程別 μ_i の平均値(組込みソフト)、(B) 契約形態比率は現状維持、(C) 品質由来の手戻り率は一定とする。拡張として、(1) FP 比率が増加する場合、(2) 単価圧力 γ が強まる市場局面、(3) μ_i が次第に低下(低リスク工程の先食い)する場合、(4) 品質維持のための再配分工数が増

える場合、の4条件で感度分析を行う。評価項目は、導入率別のGM中央値、GM<13%案件比率、および売上総額・原価総額である。

7. 結果（対応仮説別）

● H1（限界帯の存在）

本節は、AI導入率 r と営業利益率（GM）の関係を走査し、GMが加速度的に低下する帯域の有無を検証する。

AI導入率 r の上昇に伴う利益率 GM の変化は図3に示すとおりである。GMは単調に低下し、設定した目標粗利率（13%）を初めて下回る導入率 r^* は図中に示す値となった。

目標利率を下回る案件の比率は図4のとおりで、特に $r \approx 0.45$ 近傍で割れ比率が急増した。

〈所見〉 r の上昇に対し GM は低下するが、 $r \approx 0.45$ 近傍で $GM \geq 13\%$ 割れ比率が急増し、低下勾配が増す限界帯を確認した。想定通りの傾向である。

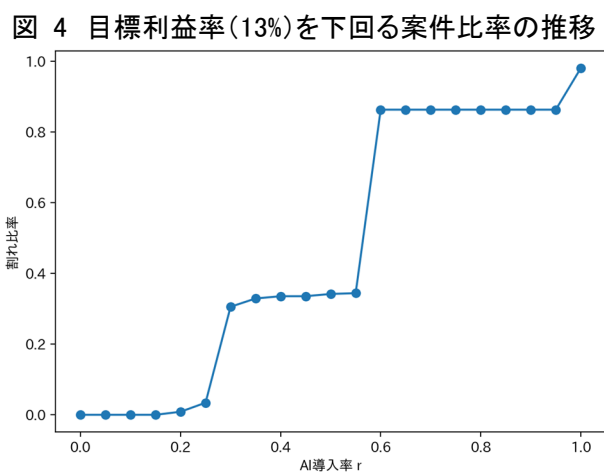
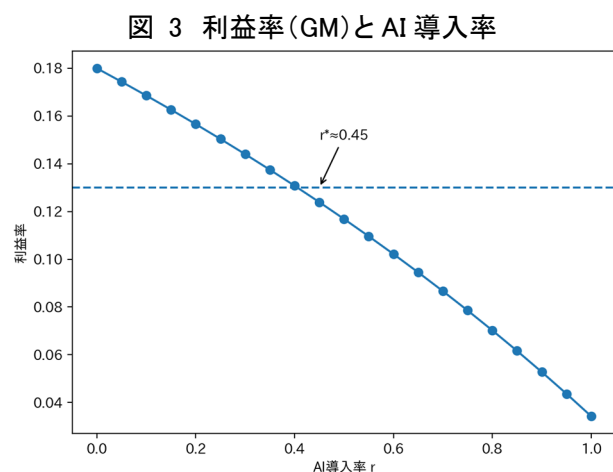


図3・図4 出所)筆者作成

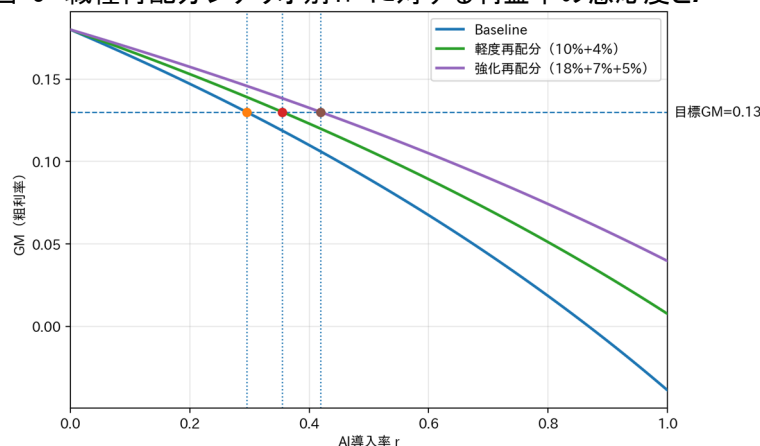
● H2（再配分による防衛）

本節は、プログラミング主体の工数比を上流／品質活動へ再配分した場合に、同一 r における GM 感応度および限界点 r^* がどう変化するかを検証する。

シミュレーションの結果、プログラミング比率を下げ品質関連活動を厚くした構成では、同一 r における GM の下落は緩やかであり、限界点 r^* は右方へ移動した。

〈所見〉品質・上流活動の厚みづけにより GM 低下が緩和し、 r^* は右方へシフトした。想定通りであり、限界帯到達の遅延策として有効である。

図5 職種再配分シナリオ別: r に対する利益率の感応度と r^*



出所)筆者作成

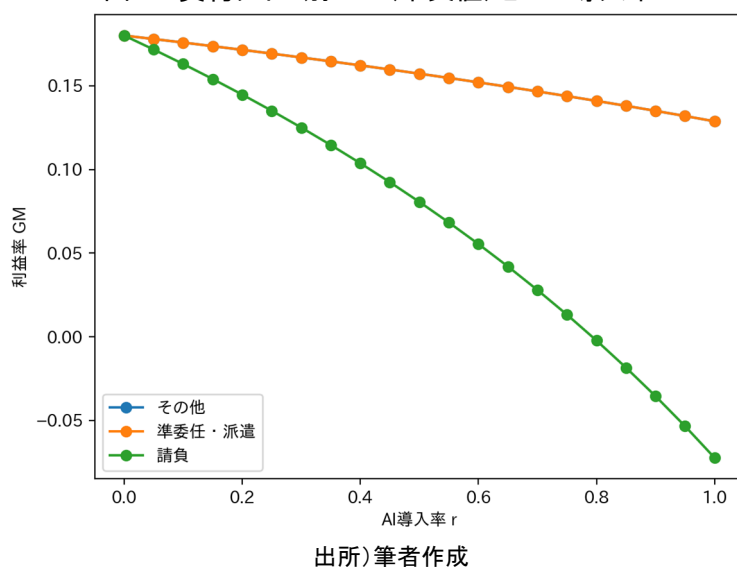
- H3（契約形態差の感度）

本節は、契約形態別（FP vs TM）の単価圧力差 γ を反映し、同一 r に対する GM 感応度と r^* の差異を検証する。

契約形態別の GM の感応度は図 6 に示すとおりで、請負（FP）は準委任・派遣（TM）よりも r に対する低下が大きい。これは価格低下圧力 γ の係数差に整合的である。

〈所見〉FP は TM に比べ GM 低下勾配が大きく、 r^* は早期に出現した。差の大きさは当初想定より明瞭であり、契約形態の影響が強いことが示された。

図 6 契約タイプ別 GM(中央値)と AI 導入率

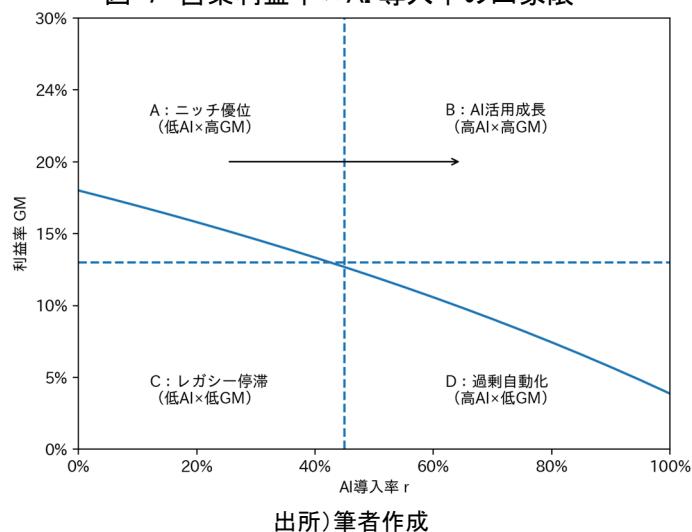


8. 職種ポートフォリオ最適化と移行戦略

本節は H2 の所見（再配分の有効性）を経営施策へ落とし込むものである。

経営的解釈を容易にするため、営業利益率×AI 導入率の四象限図（図 7）を用いる。各象限は、限界点を示す縦軸 GM=13%、横軸 $r \approx 45\%$ を境界（波線）に分割する。現状の A：ニッチ優位（低 AI×高利益）から、B：AI 活用成長（高 AI×高利益）への移行パスは実現可能であるが、その途上で限界点を横切るため、価格交渉設計と人材ポートフォリオ転換の同時実行が必要となる。

図 7 営業利益率×AI 導入率の四象限



最適化の基礎解は、(i) 自動化余地の高い工程（ドキュメント・テスト）の標準化と自動化を優先し、(ii) 余剰稼働を品質保証・上流設計・顧客価値接点へ再配分する構造である（図 7 の移行矢印参照）。具体的には、プログラミング→テスト設計/品質分析の一部移管、ドキュメント生成→設計レビュー強化、生成 AI 補助を前提としたミドル層の多能工化を進める。

移行順序は、低リスク工程→中リスク工程→高リスク工程の順とし、短期は開発環境整備・ルール策定・パイロット、中期は契約条項の見直し（AI 活用を明文化した価格式・成果定義）と品質 KPI の計測、長期は上流比率の恒常的増加と顧客内製との協調（共創 PMO）で規模を拡大させる。

9. 示唆・今後の課題

本研究で得た示唆は次のとおりである。

まず、生成 AI の導入は一定水準を超えると、値下げ圧力が強まること、浮いた時間を上流・品質に振り向けないこと、そして検証・再試験の手間が増えることが重なり、工数削減の利得を打ち消して利益率が急に悪化する“限界帯”が現れる。したがって、導入の上限を決め、価格と品質を同時に設計する必要がある。

次に、その限界帯の前倒しを防ぐには、職種ポートフォリオを見直し、生成 AI で生まれた余剰工数を設計レビュー・テスト設計/自動化・ドキュメントなどの上流・品質活動へ計画的に再配分することが有効である。これにより手戻りが減り、レビュー通過率や再試験率といった指標で価値を説明でき、値下げ要求への耐性が高まる。

最後に、契約形態の違いが影響を大きく左右し、固定価格（FP）は準委任（TM）よりも利益の下振れが起きやすい。FP では検証・安全・セキュリティ等の不可欠作業を見積に織り込み、SLA やスコープ変更条項で価値を契約に反映させること、あわせて FP/TM の比率設計を見直すことが、利益を守るうえで重要となる。

今後の課題は、職種ポートフォリオの再配分ルールの最適化である。

創出工数を設計レビュー・テスト設計/自動化・ドキュメント等へ何%配分すれば、品質 KPI（レビュー通過率・再試験率・欠陥密度）と GM の両立が最大化されるかを目的関数とし、最終的に組み込みソフト向けの推奨職種ポートフォリオを提示する。

参考文献

- [1] Cui, K. Z., Demirel, M., Jaffe, S., Musolf, L., Peng, S., Salz, T., “The Effects of Generative AI on High-Skilled Work: Evidence from Three Field Experiments with Software Developers,” SSRN Working Paper, June 2025.
- [2] McKinsey Center for Future Mobility, “From engines to algorithms: Gen AI in automotive software development,” January 2025.
- [3] Smit, D., Smuts, H., Louw, P., Pielmeier, J., Eidelloth, C., “The Impact of GitHub Copilot on Developer Productivity from a Software Engineering Body of Knowledge Perspective,” AMCIS 2024 Proceedings.
- [4] Kirchner, S., Knoll, A. C., “Generating Automotive Code: Large Language Models for Software Development and Verification in Safety-Critical Systems,” IEEE, 2025.
- [5] 堀 扶, 「コード生成ツールの導入判断のための評価方法の提案」, 会誌『情報処理』Vol.65 No.11, 2024 年 11 月。
- [6] ファインディ株式会社, 「ソフトウェア開発における『開發生産性』に関する実態調査レポート」, 2025 年 7 月。
- [7] Hosseini, S. M., Lichtinger, G., “Generative AI as Seniority-Biased Technological Change: Evidence from U.S. Résumé and Job Posting Data,” SSRN Working Paper, August 2025.