

【論文】

SaaS スタートアップの業績評価への PID 制御の適用

—利速会計を統合した動的評価枠組みの構築

Applying PID Control to Performance Evaluation
of SaaS Startups: Constructing a Dynamic Framework
Integrating Momentum Accounting

新 江 孝
ARAE Takashi

伊 藤 克 容
ITO Katsuhiro

目次

- 1 はじめに
- 2 制御工学における制御方式
- 3 PID 制御の構造と PID 視点の意味
- 4 管理会計における動的特性の考慮
- 5 PID 視点による業績指標の再構成
- 6 利速会計による D 視点の補完
- 7 時系列分析における I 視点の具体化
- 8 結びにかえて

(要旨)

本稿は、スタートアップに固有の不確実性と環境ダイナミズムのもとで、従来の静的な業績評価手法が十分に機能しない状況を踏まえ、その克服に向けて、制御工学の PID 制御理論を援用した動的な業績評価の枠組みを提示する。具体的には、比例 (P)・積分 (I)・微分 (D) の各要素を、即応・累積評価・早期検知として位置づけ、これらを業績評価に統合することで、SaaS スタートアップを対象とした理論的基盤を構築する。さらに、利速会計を補完的に適用することで D 視点を強化し、仮説検証サイクルと中長期的な累積成果の同時評価を可能にする。本稿は、スタートアップの動的特性に適合した、新たな業績評価の概念的基盤を提供するものである。

1 はじめに

スタートアップは新規雇用の重要な担い手であり、テクノロジー分野への投資の受け皿でもある。その経営が適切に機能することは、個別企業にとどまらず経済・社会全体にとっても重要である。こうした背景もあって、マネジメント・コントロール (MC) や管理会計の領域でも、スタートアップに関する研究が蓄積しつつある (Pelz, 2018)。とりわけ、マネジメント・コントロール・システム (MCS) の採用に焦点を当てた研究¹⁾ が進展している (福田, 2019)。

しかし、スタートアップの業績評価については、極度の不確実性と高い環境ダイナミズムの下で、従来の静的手法が十分に機能しないという課題が顕在化している。事業モデルが短期間に変容し、仮説の構築と検証が短いサイクルで反復される状況では、意思決定は常に最新のデータとそこから得られる知見の更新を前提とせざるをえない。加えて、創業初期の赤字計上は通例であり、単一期間に基づく判定では事業モデルの妥当性を見極めにくい。したがって、短期の結果指標を静的に評価する枠組みではなく、仮説検証サイクルに合わせて動的に評価しつつ、累積的成果を踏まえた中長期的視点から事業モデルを検討する評価枠組みが求められる。

本稿は、この要請に応えるため、制御工学の知見を管理会計に統合し、スタートアップの業績評価を再設計する概念枠組みを提示する。具体的には、制御工学の PID 制御 (Proportional-Integral-Derivative Control) を業績評価のアノロジーとして用い、比例 (P)・積分 (I)・微分 (D) の 3 要素を、現在への即応 (P)、累積結果に基づく中長期的妥当性の確認 (I)、傾向に基づく早期検知 (D) として位置づけ、動的な評価枠組みへと再構成する。PID 制御は産業界で広く用いられ

る動的制御の基本構造であり、これら 3 視点を業績評価に組み込むことで、スタートアップに固有の動的特性を反映した評価が可能になると考える。さらに、微分 (D) 視点の理論的補完として利速会計 (井尻, 1990) を応用する。

本稿の具体的な考察対象は、主要指標を高頻度で観察できる SaaS (Software as a Service) スタートアップである。概念提案として動的業績評価の新たな枠組みを提示し、合成データを用いたシナリオ分析により、その枠組みの妥当性と有用性を検討する。

本稿の構成は以下のとおりである。第 2 章で制御工学における主要な方式を概観し、第 3 章で PID 制御の構造と PID 視点の意味を整理する。第 4 章では管理会計における動的特性を確認し、本稿が採用する手法の選定理由と位置づけを示し、第 5 章で PID 視点による業績指標の再構成を提案する。第 6 章では利速会計により微分 (D) 視点を補完し、第 7 章で時系列分析における積分 (I) 視点の具体化（累積評価）を示す。最後に、全体を総括し、限界と今後の課題を述べる。

以上のような議論を通じて、本稿はスタートアップの業績評価を「静的な定点評価」から「仮説検証サイクルと累積成果を同時に扱う動的評価」へと転換するための理論的基盤を提示する。

2 制御工学における制御方式

2.1 代表的な制御方式

スタートアップの動的な業績評価の基礎とするため、制御工学における主要な方式を概観する。本稿では、制御方式を（1）静的な二值制御と（2）対象の動的特性を考慮する方式に大別し、検討する。

(1) 静的（二値）制御

静的（二値）制御の代表例はサーモスタッフ型制御である。これは、所定の閾値を基準

にオン／オフで切り替える単純な方式であり、制御対象の時間的振る舞いを明示的には扱わない。マネジメント領域の「例外管理」は、この方式に相当する。閾値逸脱時の介入には有効だが、動的特性を前提とする継続的な調整や評価には必ずしも有効ではない。

(2) 動的制御

対象の動的特性を織り込んで制御する方式として、PID 制御、モデル予測制御 (Model Predictive Control; MPC)、強化学習ベース制御などがある (Sarhadi, 2025)。

PID 制御は、比例 (P)・積分 (I)・微分 (D) の 3 要素によって誤差を検出し、調整する方式である。モデル構築を必要とせず、産業界で広く用いられる動的制御の基本構造である。例えば、自動車の走行を例にとると、設定速度との差に応じて車速を制御するクルーズ・コントロール（速度維持機能）が挙げられる。

モデル予測制御 (MPC) は、数理モデルに基づいて将来の挙動を予測し、最適な制御入力を求める方式である。高機能である一方、有効なモデルの構築が前提となる。例えば、自動車の走行を例にとると、前方の車線形状や車速から自動車の挙動をモデルに基づいて予測し、それに応じてハンドルや加減速を制御する車線追従制御が挙げられる。

強化学習ベース制御は、報酬に基づいて制御方策を学習する AI 手法であり、事前の数理モデルを必須としない。学習に時間を要することに加え、動作のブラックボックス性のために安全性と再現性の確保が難しく、実用化は限定的な領域や試験環境にとどまっている。例えば、自動車の走行を例にとると、交通状況に応じた加減速や進路選択を学習によって実現する AI による自動運転が挙げられる。

次の 2.2 ではスタートアップに固有のビジネス環境を整理し、その特性に照らして PID 制御を採用する根拠を明らかにする。

2.2 スタートアップのビジネス環境

スタートアップは、顧客ニーズ、技術、流通チャネル、収益構造などの主要要素が未確定な極度の不確実性の下で始動し、事業モデルの更新と仮説検証が短いサイクルで反復される。この環境では、安定的な分布や固定的な構造を前提とする精緻な数理モデルの有効性が限定され、モデルに依拠した最適化は偽の確実性を生みやすい。したがって、スタートアップの動的な業績評価の基礎とするためには、数理モデルへの強い依存を避ける制御方式を選択するのが妥当である。

2.1 で概観した方式のうち、モデル構築を前提としないのは PID 制御と強化学習ベース制御である。後者は報酬に基づいて方策を学習できる一方、①学習に時間を要すること、②動作のブラックボックス性により安全性と再現性の確保が難しいこと、③環境が急速に変化する状況では学習の前提自体を満たしにくいことから、スタートアップにおける適用可能性は限定的である。

これに対し、PID 制御は対象の動的特性を考慮しつつも、事前の数理モデルを前提としない。したがって、本稿ではスタートアップのビジネス環境を踏まえ、PID 制御を業績評価の枠組みに採用する。次章では、PID 制御の構造を示すとともに、企業経営へ適用した研究例から PID 視点の意味を確認する。

3 PID 制御の構造と PID 視点の意味

3.1 PID 制御の構造

PID 制御は、目標値と現在値の「誤差」に基づいて制御入力を決定する方式であり、比例 (P)、積分 (I)、微分 (D) の 3 つの要素を組み合わせて用いる。比例 (P) 項は誤差の大きさに応じて即時に調整し、誤差が大きいほど補正を強める。積分 (I) 項は過去の累積した誤差に応じて定常的なずれを除去し、誤差が長く持続するほど補正を強める。

表1 PID 制御とマネジャーの意思決定との類似性

	PID 制御	マネジャーの意思決定
比例 (P) 項	誤差に基づく調整	現状への即応
積分 (I) 項	誤差の累積に基づく調整	過去の累積結果の考慮
微分 (D) 項	誤差の変化速度に基づく調整	傾向からの将来予測

(出所) Tosetti et al. (2008, p.1871) に基づき筆者作成

微分 (D) 項は誤差の変化速度（変化傾向）に基づき予測的に調整し、変化が急であるほど先回りして補正する。

たとえば、自動車のクルーズコントロールを例にとる。目標が 100km/h で実測が 95km/h なら、誤差は 5km/h である。比例 (P) 項では、この誤差の大きさに比例してアクセル開度を増やす。積分 (I) 項では、「ずっと 5km/h 遅いまま」ならその累積を見て、さらに踏み増す。微分 (D) 項では、上り坂に差し掛かかり、「さっきまで 3km/h の誤差だったのに急に 5km/h の誤差になった」のであれば、その変化傾向を手がかりに、アクセル開度を先行して増やす。これら 3 項を組み合わせることで、車速は滑らかかつ正確に目標値へ収束し、その後の維持も安定する。

3.2 PID 視点の意味

PID 制御を生産・在庫管理に適用した研究例として、Tosetti et al. (2008) が挙げられる。同研究は、需要が周期的かつ確率的に変動する状況を想定し、需要予測モデルと PID 制御を統合して在庫レベルを安定化させる手法を提案する。誤差は「在庫・仕掛品の目標値と実測値の差」として定義され、各項の役割は次のとおりである。比例 (P) 項は誤差の大きさに応じて発注量を即時に調整し、積分 (I) 項は継続する誤差に基づいて発注量を補正し、微分 (D) 項は誤差の変化傾向を捉えて先取り的に発注量を調整する。すなわち、P・I・D の 3 視点を在庫管理に取り入れることで、短期の乖離への即応

(P)，慢性的な偏りの是正 (I)，転換点の早期検知 (D) を統合的に扱っている。

本稿で特に注目するのは、当該研究が「PID の導入は恣意的選択ではなく、マネジャーの意思決定が PID 的な 3 項構造と類似しているためである」(p.1871) と指摘²⁾している点である。すなわち、現在の状況に比例した反応（比例項）、過去の結果の考慮（積分項）、傾向からの将来予測（微分項）という 3 つの働きが、マネジャーの意思決定にも見られることを示している。その類似性を表 1 に整理した。

本稿は、この「PID 制御とマネジャーの意思決定の類似性」という着想をもとに、スタートアップの業績評価へと対象を拡張して論じる。具体的には、P（現状への即応）・I（累積結果の考慮）・D（傾向からの将来予測）の 3 視点を、スタートアップの業績評価に組み込み、仮説検証サイクルと累積成果を同時に扱う動的な評価枠組みとして再構成する。

4 管理会計における動的特性の考慮

本章では、前章で示した「PID 制御と意思決定の類似性」に基づく動的な業績評価枠組みを補完する管理会計手法について検討する。伝統的な管理会計は、主として一定期間ごとの定点データに依拠しており、時間経過に伴う構造変化の取り扱いには本質的な制約がある。他方、スタートアップの文脈では、事業モデルの更新と仮説検証サイクルが短く反復され、かつ累積成果の把握が求められる

ことから、構造変化を前提とした動的特性の考慮が不可欠である。

動的特性を管理会計に組み込む試みの一つとして、リアルオプションやシステムダイナミクスの導入が検討されてきた³⁾。これらは有効な枠組みである一方で、モデル前提（因果構造・パラメータ設定）に強く依存するため、仮説が頻繁に更新されるスタートアップでは、その適用条件を維持できるかが課題となりうる⁴⁾。そこで本稿では、事前のモデル化を前提とせずに動的特性をモニタリングできる手法として、利速会計（井尻, 1990）と時系列分析を位置づけ、PID の 3 視点に基づく業績評価を、早期検知と累積評価の両観点から補完する。

4.1 利速会計

利速会計は、利益の時間的变化率である「利速」を基軸に、経営における「変化」を測る枠組みである。利速（円／期）は現在の状態を瞬間に示し、転換点の兆候を早期に検知するのに資する。これは PID の微分 (D) 項が担う「変化速度に基づく先行的調整」と機能的に対応しており、その活用により、仮説の見直しやピボット（方向転換）判断を、モデルに依存することなく早期に行うことができる。

4.2 時系列分析

時系列分析は、過去の業績数値を単に時系列順に並べて可視化するだけの技術と見なされがちだが、実際には、目的やデータ量・特性に合わせて手法を選択でき、必要に応じて数理的に厳密な手法を適用することも可能である。もっとも、スタートアップでは、データ期間の短さや指標の変更、環境の変動などによりモデル化には一定の難しさが伴う。そのため本稿では、高度なモデル化には踏み込まず、期間利益や累積利益を追跡する簡便な手法を中心に据える。期間利益の時系列およ

びその累積データは PID の積分 (I) 項に対応しており、創業初期に赤字を計上する傾向のあるスタートアップにおいても、短期的な結果に左右されずに累積成果の推移を評価し、構造的な改善や悪化を把握しやすくなる。

以上のように、本稿では、PID 視点に基づく動的評価のうち、微分 (D) 視点（早期検知）を利速会計で、積分 (I) 視点（累積評価）を時系列分析で補完する。すなわち、第 3 章で示した「P（現状への即応）・I（累積結果の考慮）・D（傾向からの将来予測）」という 3 視点のうち、特に D と I を、動的特性を考慮する管理会計手法で補強する。次章以降では、この補完関係を前提に、SaaS スタートアップの指標体系に P・I・D を組み込み、仮説検証サイクルと累積成果を同時に扱う動的な評価枠組みとして再構成し、合成データを用いたシナリオ分析へと展開する。

5 PID 視点による業績指標の再構成

5.1 SaaS の業績指標

本章では、SaaS スタートアップの指標体系を P・I・D の視点から再構成する。SaaS は、インターネット経由でソフトウェアを提供する形態であり、各種の指標を高頻度で観測できる点に特徴がある⁵⁾。代表的な指標は次のとおりである（藤原・青木, 2025; Faria, 2015; Ries, 2011, 2017）。

- MRR (Monthly Recurring Revenue : 月次定期収益)
- 新規顧客数 (New Customers)
- 累積売上 (Cumulative Revenue)
- Churn Rate (解約率)
- YoY / MoM 成長率 (Year-over-Year / Month-over-Month Growth : 売上成長率)
- Churn Rate の変化 (Churn Delta)
- NRR (Net Revenue Retention : 純収益維持率)

持率)

- DAU (Daily Active Users) / MAU (Monthly Active Users) 比率 (粘着性 : サービス利用の持続性)
- 新規顧客獲得率 (New Customer Acquisition Rate)
- DAU/MAU 比率の変化 (粘着性トレンド)
- LTV (Lifetime Value : 顧客生涯価値)
- Retention Curve (顧客維持率カーブ)
- CAC (Customer Acquisition Cost : 顧客獲得コスト)
- Burn Rate (資金燃焼率 : 月間の資金純減少額)
- ARPA (Average Revenue Per Account : 平均顧客単価)
- 累積 Burn Rate (累積資金燃焼率)
- ユニットエコノミクス (Unit Economics) [LTV/CAC によって算定される経済性]
- Runway [資金的余命 = 現金残高 ÷ Burn Rate]
- Rule of 40 [売上成長率 + 営業利益率 \geq 40% = ビジネスとして健全であるという経験則]
- Magic number [営業費用回収率 = (当四半期の売上高 - 前四半期の売上高) \times 4 ÷ 前四半期の営業費用]

5.2 PID 視点の組み込み

これらの指標は、顧客の獲得・維持から収益性・資金繰りまで多岐にわたり、個別に追跡すると分析の焦点が散漫になりやすい。そこで本稿では、表 2 のように PID の 3 視点

で再構成することを提案し、具体例を通じて分析の指針を示す。

前掲の業績指標のうち、まず新規顧客数を例により、PID 視点を具体的に示す。

P (現状への即応) 視点では、SNS 経由の新規獲得数が前週比で減少した場合、減少幅に比例して連動型広告を即座に増やすなど、比例的かつ迅速な調整を行い、新規獲得数の維持・回復を図る。

I (累積結果の考慮) 視点では、月次の累積新規顧客数に平均 LTV (顧客生涯価値) を乗じて LTV 総額を推計し、これを CAC (顧客獲得コスト) と対比して経済性 (ユニットエコノミクス = LTV/CAC) を評価する。その評価結果を踏まえ、過去の実績に応じて施策を強化し、構造的な顧客獲得力の向上を図る。

D (傾向からの将来予測) 視点では、日次の新規獲得数の変化率とその加速度を監視し、獲得ペースの失速兆候を早期に検知する。兆候が現れた場合には、顕在化する前にマーケティングチームと連携して予防的な対策を講じる。

次に、リテンションカーブ (Retention Curve) を例として取り上げる。これは、契約開始後の経過月ごとの顧客維持率の推移を可視化する指標であり、顧客ロイヤルティやサービスの粘着性 (利用の持続性) を評価するため用いられる。

P (現状への即応) 視点では、顧客維持率が前週比で悪化した場合、その悪化幅に応じて CS (カスタマーサクセス) チームの個別

表 2 PID の 3 視点による分析枠組み

視 点	時系列的着眼点
比例 (P) 視点	現在：いま起きている事象を捉え、即応する
積分 (I) 視点	過去：過去の結果を踏まえ、累積的な動向に基づいて対応する
微分 (D) 視点	将来：傾向から将来を予測し、先手を打つ

(出所) 筆者作成

フォローやオンボーディング支援（定着支援）を即時に強化し、離脱の連鎖を抑える。

I（累積結果の考慮）視点では、契約開始から 12か月のリテンションカーブ下面積（AUC：Area Under Curve）をセグメント別に算出し、期間全体にわたる顧客維持力を評価する。AUC は、時間の経過に伴う顧客維持率の累積的効果を定量化する指標であり、値が高い群にはロイヤルティプログラムやアップセル（上位プランへの移行）施策を重点的に展開する。

D（傾向からの将来予測）視点では、日次顧客維持率の変化率およびその加速度を監視し、維持率の転換点を早期に把握する。顧客離脱の加速が確認された場合には、大規模な離脱が顕在化する前に、プロダクト改善や料金・契約プランの見直しを前倒して実行する。

以上のとおり、SaaS スタートアップの業績指標は、P（現状への即応）・I（累積結果の考慮）・D（傾向からの将来予測）の 3 視点で再構成することが可能である。とりわけ微分（D）視点は、同じく微分概念を用いる利速会計によって補完できる。次章では、この補完により早期検知が可能となることを、合成データを用いたシナリオ分析によって検証する。

6 利速会計による D 視点の補完

6.1 利速会計の構造

井尻（1990）は、経営の「変化」を捉るために力学⁶⁾のアナロジーを導入し、利速会計という新たな会計体系を提唱した。従来の会計を「距離計」に見立て、それと対照させる形で「速度計」としての利速会計を構想したものである。発想の核心は、状態の水準（利益）そのものではなく、その時間的变化を基礎単位として業績を評価する点にある。

力学における距離（distance）は 2 地点間の差を示すが、これに相当するのが資本（純

資産）の増加差額としての利益である。この理解を前提に、井尻（1990）は、力学における速度（velocity）⁷⁾に対応する概念として「利益の速度」すなわち「利速」という新たな動的概念を提唱した。利速とは、利益を時間で微分した利益の時間変化率であり、「利益成長の速さ」を表す。従来の会計では、利益が得られれば前期と同一であっても業績とみなすのに対し、利速会計では、同一の利益水準は業績と認めず、利速の増加を業績として評価する立場をとる。

また、利速会計では、利速の変動要因を「作速」、その加速的変化を「利力」と定義し、これらを記録・報告するために、三式簿記を基礎とする「利速計算書」（損益計算書に相当）および「作速計算書」（貸借対照表に相当）を提案している。すなわち、井尻（1990）の利速会計は、利益そのものではなく、その微分（時間変化）を会計の基本単位に据えることで、会計体系を動学的に組み替えようとする壮大な試みである。

これに対して本稿は、会計体系そのものの再構成を意図するものではない。あくまでスタートアップの早期検知（D 視点）を補完するという目的に即して、利速会計における利速などの動的指標に絞って考察する⁸⁾。

次節では、井尻（1990）の「利速」概念に着想を得て、本稿独自の「利益の微分概念」—利加速（利速の時間的変化）および利加加速（利加速の時間的変化）—を提案し、その算定方法と運用上の留意点を明らかにする。

6.2 本稿における利益の微分概念

（1）利速の測定単位

前節で述べたとおり、井尻（1990）は力学のアナロジーに基づき、利益の時間変化率である利速を中核概念として提示した。本節では、その着想を踏まえつつ、本稿独自の微分指標として「利加速」と「利加加速」を導

入り、転換点の把握と早期検知に資する枠組みを提示する。

利速の測定単位は年・月・週・日であり、たとえば「月当たり何円」という形で表され、具体的には ¥1,000,000／月のように示される（井尻, 1990, p.15）。これを式で表すと、次のとおりである。

$$\text{利速}(V_t) = P_t$$

[P : 利益 (Profit), t : 時間 (time)]

力学のアナロジーを前提にすれば、このような解釈になるのであろう。ただし、そもそも利益データを読む際には、常に期間の概念が背後に存在するのではないだろうか。たとえば「利益 100 万円」といっても、年間利益と月間利益では意味がまったく異なる。そのため、利益 100 万円というデータを解釈する際には、無意識のうちに「どの期間における数値か」を前提としていると考えられる。とするならば、「利速」という金額データだけを見ても、情報量の点では「利益」と大きな差はないといえる⁹⁾。

(2) 利速の高階微分指標の導入

そこで本稿では、利速そのものではなく、その微分である「利加速」、さらにその微分である「利加加速」という概念を導入し、利益（あるいは利速）よりも情報量を増加させる。

利加速とは、力学における加速度 (acceleration) に相当し、利速の微分（利益の 2 階微分）として利速の時間変化率を示す¹⁰⁾。すなわち、利益成長の加速度を意味し、成長の加速・減速を表す指標である。

利加加速とは、力学における加加速度 (jerk : 躍度) に相当し、利加速の微分（利益の 3 階微分）として利加速の時間変化率を示す。すなわち、利益成長加速度の変化率を意味し、成長挙動の急変や滑らかさを表す指

標である¹¹⁾。

(3) 実際の取り扱い

なお、実際の会計記録は月次など離散データとして得られるため、連続微分の代わりに差分近似を用いる。したがって、利加速および利加加速は次のとおり定義できる。

$$\text{利加速}(A_t) = \Delta P_t = P_t - P_{t-1}$$

$$\text{利加加速}(J_t) = \Delta A_t = A_t - A_{t-1}$$

(4) 期間比較に基づく分析

PID 制御は本来、目標値と現在値の「誤差」に基づいて調整する方式である。しかし、本稿における PID 制御の応用はアナロジーにとどめ、固定的な目標値との誤差（差異）には依拠しない。スタートアップでは極度の不確実性の下で目標自体が変動しやすく、誤差を基準にした学習が必ずしも適切に機能しない場合があるためである。

なお、利速会計も利益の期間比較に立脚している。すなわち井尻（1990, p.169）は、原価差異を「前月との差異」として扱うことを明示している。とりわけ成長性が重視されるスタートアップにおいては、利速会計や本稿での取扱いのように、固定的な目標との差異ではなく、時系列の推移に基づく判断こそ実務的意義があると考えられる。

6.3 合成データによる早期検知の検証

(1) 合成データ

本節では、合成データを用いて、利速の高階微分指標（利加速・利加加速：D 視点の補完指標）が転換点の早期検知に有効であることを示す。想定する状況は次のとおりである。SaaS プロダクトを月 1 期首に市場投入し、月 2 期首から大規模な広告施策を開始した。当社はこの施策効果を判定したい。得られた利益の推移は、表 3 に示すようにケース 1・ケース 2・ケース 3 の 3 種類があり、そ

SaaS スタートアップの業績評価への PID 制御の適用

のグラフを図 1 に示す。

いずれのケースにおいても累積利益は増加

しており、企業が成長していることは一目で

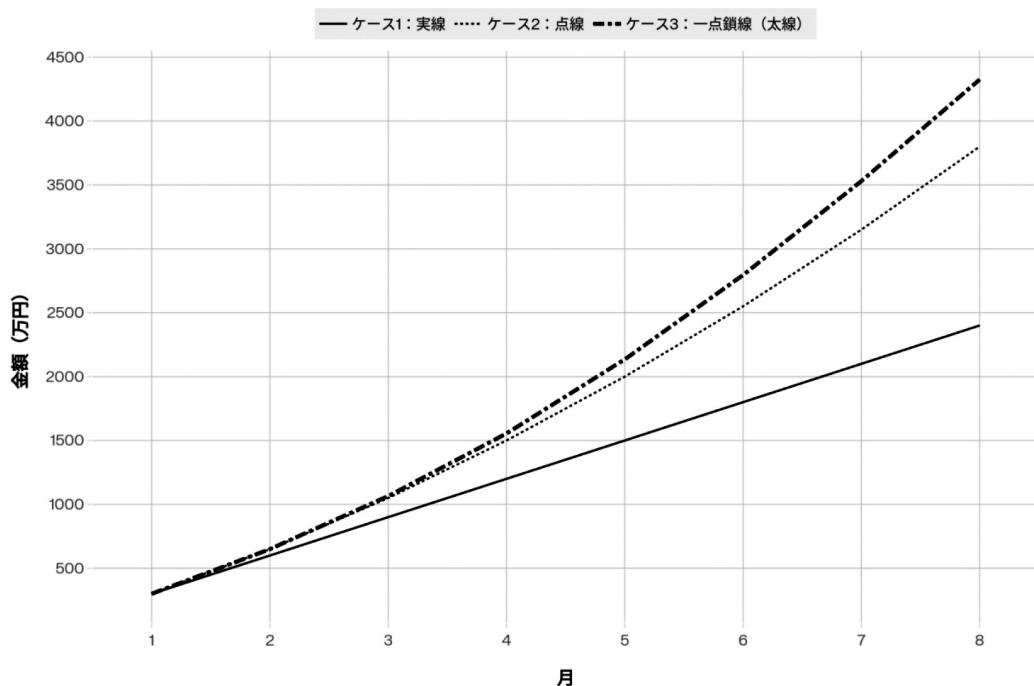
確認できる。特に、月 2 期首から開始した広

表 3 SaaS の利益の推移（合成データ 1）

(単位：万円)

月	ケース 1	ケース 2	ケース 3
	利益（累積）	利益（累積）	利益（累積）
1	300	300	300
2	600	650	650
3	900	1,050	1,065
4	1,200	1,500	1,555
5	1,500	2,000	2,135
6	1,800	2,550	2,795
7	2,100	3,150	3,530
8	2,400	3,800	4,325

(出所) 筆者作成



(出所) 筆者作成

図 1 SaaS の利益推移のグラフ

SaaS スタートアップの業績評価への PID 制御の適用

告施策の効果は、ケース 3 が最も大きいように見受けられる。

しかし、利益の推移に基づく可視化だけでは、成長の勢いや転換点を明確に把握するこ

とは難しい。そこで、前節の定義に従い、各ケースの利加速 (A) と利加加速 (J) を算出し (表 4 ~ 6)，その推移をグラフで示す(図 2・3)。

表 4 ケース 1 の利加速 (A) と利加加速 (J)

(単位：万円)

月	利益 (累積)	利益 (月) / 利速 (V=P _t)	利加速 A = Δ P	利加加速 J = Δ A
1	300	300	—	—
2	600	300	0	—
3	900	300	0	0
4	1,200	300	0	0
5	1,500	300	0	0
6	1,800	300	0	0
7	2,100	300	0	0
8	2,400	300	0	0

(出所) 筆者作成

表 5 ケース 2 の利加速 (A) と利加加速 (J)

(単位：万円)

月	利益 (累積)	利益 (月) / 利速 (V=P _t)	利加速 A = Δ P	利加加速 J = Δ A
1	300	300	—	—
2	650	350	50	—
3	1,050	400	50	0
4	1,500	450	50	0
5	2,000	500	50	0
6	2,550	550	50	0
7	3,150	600	50	0
8	3,800	650	50	0

(出所) 筆者作成

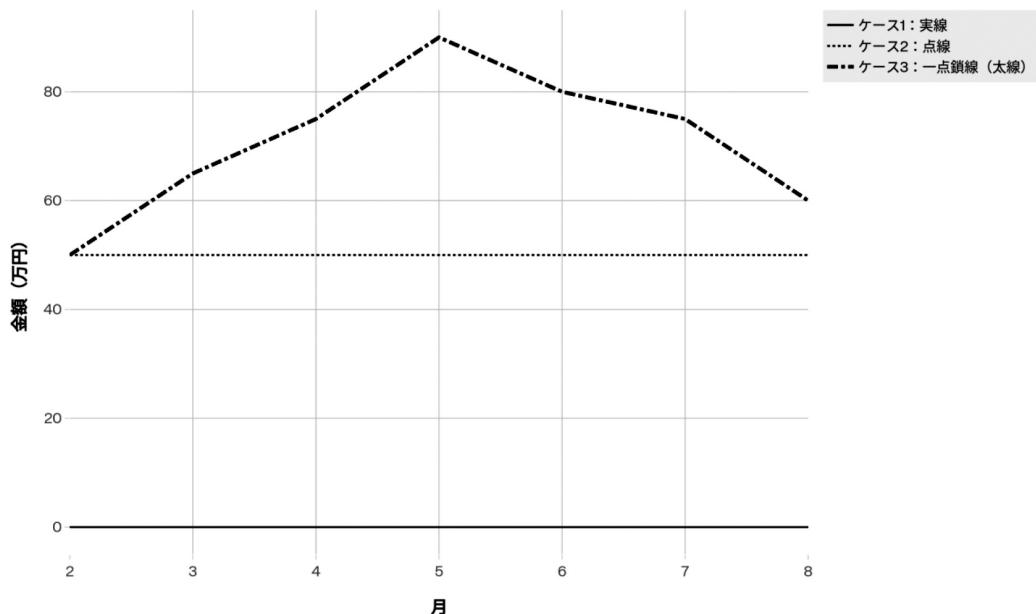
SaaS スタートアップの業績評価への PID 制御の適用

表 6 ケース 3 の利加速 (A) と利加加速 (J)

(単位 : 万円)

月	利益 (累積)	利益 (月) / 利速 (V=P _t)	利加速 A = ΔP	利加加速 J = ΔA
1	300	300	—	—
2	650	350	50	—
3	1,065	415	65	15
4	1,555	490	75	10
5	2,135	580	90	15
6	2,795	660	80	-10
7	3,530	735	75	-5
8	4,325	795	60	-15

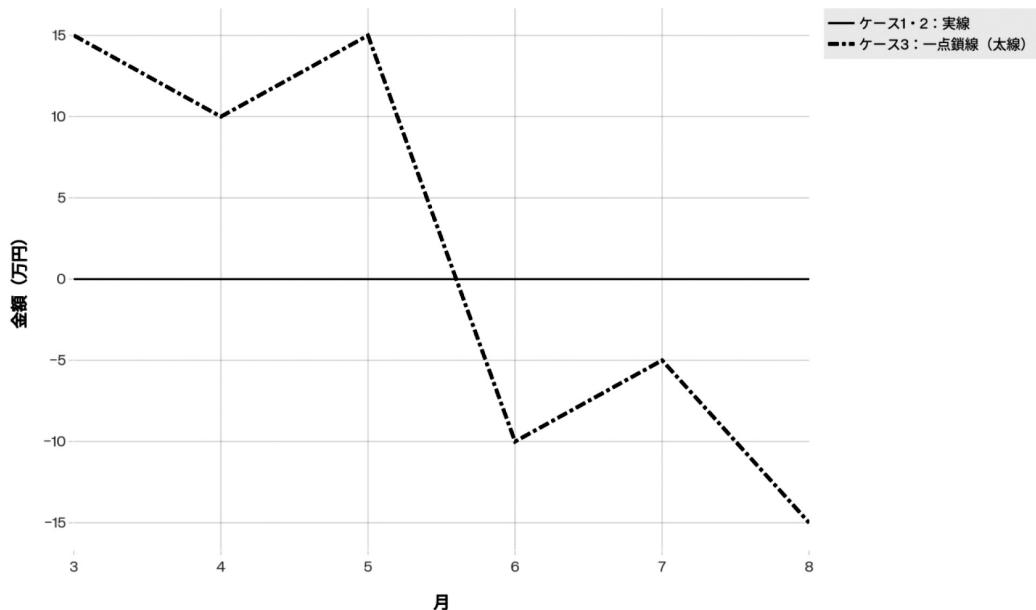
(出所) 筆者作成



(出所) 筆者作成

図 2 利加速 (A) のグラフ (ケース 1・2・3)

SaaS スタートアップの業績評価への PID 制御の適用



(出所) 筆者作成

図 3 利加加速 (J) のグラフ (ケース 1・2・3)

(2) 利速概念の解釈

ここで、グラフの含意を明確にするため、井尻（1990）の見解にもとづき、利速の基本的な考え方を整理しておく¹²⁾。

利加速がゼロとは、前期と当期の利益が同額である状態を指す。たとえば先月の利益が300万円で当月も300万円の場合である。この状態について井尻（1990, p.19）は、「これを現在の会計のもとでは3,600万円（300万円×12か月）の経営成績とみますが、利速会計ではこれを経営成績ゼロとみる」（括弧内、引用者）と述べている。すなわち、従来の会計が利益水準の高さをそのまま経営成績とみなすのに対し、利速会計は利益が一定（すなち利加速度ゼロ）であれば「慣性にすぎない」と捉え、経営成績とは認めない（井尻, 1990, まえがき p.3）。極端な例として、月300万円の利益がすべて国債利子に由来するなら、経営者は「何もしなくても」毎月300万円の利益を得られる（井尻, 1990,

p.19）からである。このように、利速会計の思想の核心は「利益の水準ではなく、その変化にこそ経営の意味がある」という立場にある。

(3) 数値例の分析

以上の利速の基本的な考え方に基づき、ケース1・2・3の利加速度・利加加速データを読み解くと、次の点が明らかになる。

ケース1では、毎月の利益は300万円で横ばい、利加速度は月1以降ゼロが継続する。したがって、月2に広告施策を実施しても加速度は生じておらず、プロダクト自体に問題や変化がないと仮定すれば（以下同じ）、利益はプロダクト自体の慣性で得られていると判断される。つまり、施策の効果はゼロである。

ケース2では、利加速度は50万円で一定、利加加速はゼロである。これは、毎月の利益成長の加速度が、正の値で一定であり続いていることを意味し、月2からの広告施策の効

果が安定的に發揮されていると判断される。

ケース 3 では、月ごとに利加速・利加加速が変動し、利益成長の加速度が一定していない。特に月 5 を境に、利加速は減少に転じ、利加加速はマイナスとなる。これは、加速していた成長が減速へ転換したことを見しており、広告施策の効果が一時的には大きかったものの、その後は薄れ始めたと判断される。したがって、この段階で施策の見直しを検討すべきである。

このように、図 1 の累積利益のグラフだけを見れば「ケース 3 が最良」と判断されかねないが、D 視点の微分指標（利加速・利加加速）を補完的に導入して検討すると、むしろ広告施策の効果が安定的に持続するケース 2 のほうが望ましいことが明らかになる。すなわち、利益の推移だけでは見落とされがちな転換点を、D 視点によって早期に可視化できるのである。

本章では、PID の D 視点を補完する微分指標（利加速・利加加速）を導入し、合成データにより転換点の早期検知が可能であることを確認した。すなわち、利益の推移が一見健全に見える局面でも、微分（D）視点は効果の遅減や失速の兆候を早い段階で捉え、施策の見直しやピボットの判断を促す役割を果たす。

次章では、時系列分析に焦点を移し、累積的な動向に基づくスタートアップの業績評価

を検討する。これにより、PID の 3 視点のうち I（積分）に着目した動的な業績評価の枠組みの構築を目指す。あわせて、本章で導入した微分（D）視点の補完指標（利加速・利加加速）を併用し、中長期的な妥当性の検証と転換点の早期検知を両立させる枠組みの有効性を検討する。

7 時系列分析における I 視点の具体化

7.1 合成データによる I 視点の検証

前章では、PID の微分（D）視点を利速会計によって補完し、合成データを用いることで転換点の早期検知が可能であることを示した。もっとも、スタートアップでは初期赤字が通例であり、短期的な数値変動も大きい。このため、累積的な動向に基づく評価も不可欠であり、これを具体化するのが積分（I）視点である。

そこで本章では、積分（I）視点に焦点を移し、その有用性を別の合成データ・シナリオによって検証する。想定する状況は次のとおりである。SaaS プロダクトのスタートアップが第 1 期期首に営業を開始し、第 3 期までの利益推移は表 7 のとおり、ケース 1 とケース 2 の 2 種類がある。

いずれのケースも第 3 期まで赤字が続くが、これは先行投資と収益化のタイムラグによるものであり、単一（少數の）期間の損益では事業の成否を判定できない。したがっ

表 7 SaaS の利益の推移（合成データ 2：第 3 期まで）
(単位：万円)

期	ケース 1	ケース 2
	利益（期間）	利益（期間）
1	-200	-200
2	-290	-246
3	-140	-198

(出所) 筆者作成

SaaS スタートアップの業績評価への PID 制御の適用

て、累積的な動向に基づく評価が必要となる。そこで、観測期間を第 7 期まで延長し、両ケースの期間利益および累積利益の推移を

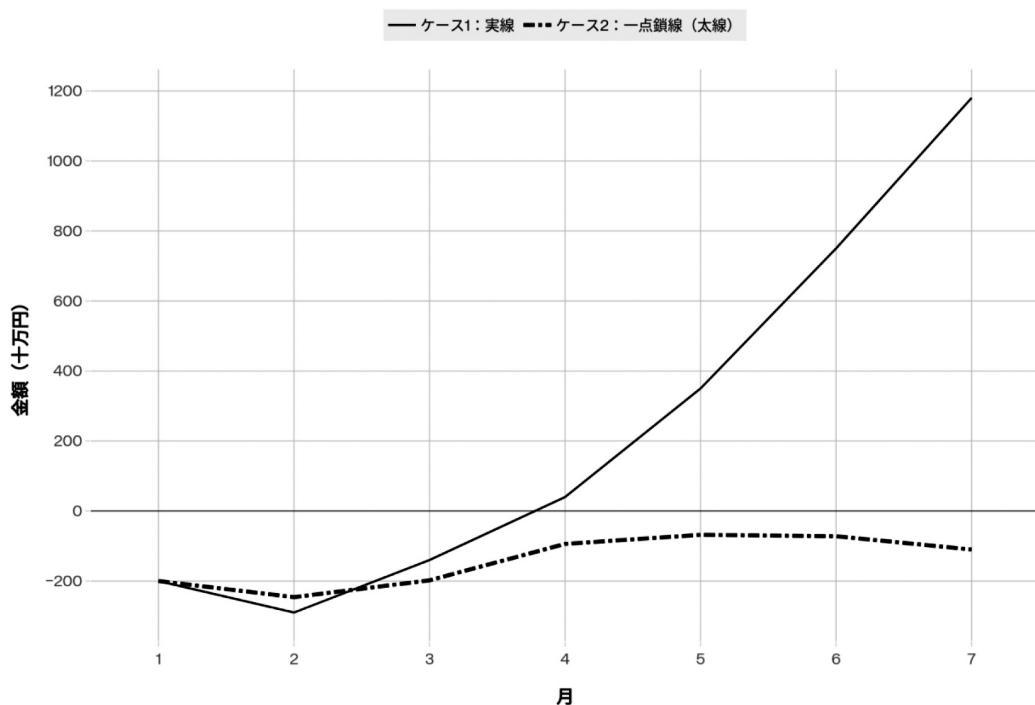
比較する（表 8）。その結果をグラフ化したもの（図 4・5）から、次の点が確認できる。ケース 1 では、期間利益は当初赤字が続く

表 8 SaaS の利益の推移（合成データ 2：第 7 期まで）

（単位：十円）

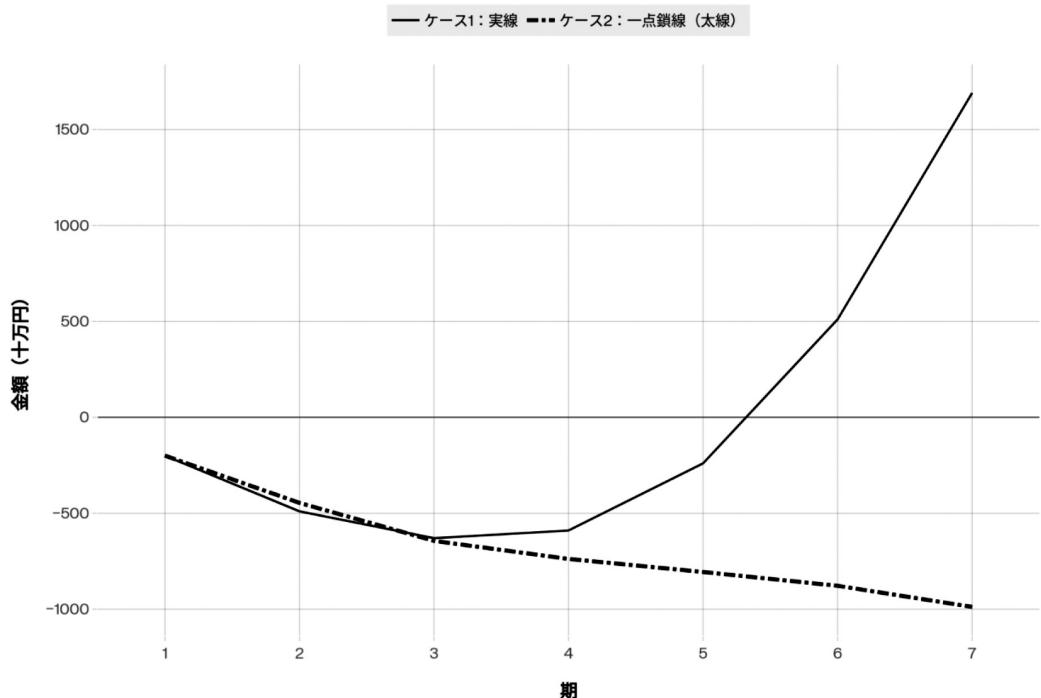
期	ケース 1		ケース 2	
	利益（期間）	利益（累積）	利益（期間）	利益（累積）
1	-200	-200	-200	-200
2	-290	-490	-246	-446
3	-140	-630	-198	-644
4	40	-590	-94	-738
5	350	-240	-68	-806
6	750	510	-72	-878
7	1,180	1,690	-110	-988

（出所）筆者作成



（出所）筆者作成

図 4 利益（期間）の推移（ケース 1・ケース 2）のグラフ



(出所) 筆者作成

図 5 利益（累積）の推移（ケース 1・ケース 2）のグラフ

ものの、その後持ち直し、スタートアップに典型的な J カーブ効果を示している。J カーブ効果とは、先行投資を経たのちに成長が立ち上がる様相が、グラフ上で「J 字型」を描くことから名付けられた、スタートアップ特有の成長軌道である。

一方、ケース 2 では、当初は J カーブ効果が現れるかに見えたものの、実際には回復・成長に至らず、事業の失敗を表している。

次に、実務での判断基準として知られる「3-5 ルール」を当シナリオに適用する。これは、「3 年で単年度黒字、5 年で累積損失一掃」を満たさなければ新規事業から撤退する、という採算性の目安¹³⁾である（加登、2017；株式会社リーディング・イノベーション、2022）。このルールに照らすと、ケース 1 は第 4 期で単年度黒字に転じ、第 6 期で累積損失を解消しているため、事業継続が妥当

と判断される。他方、ケース 2 は第 7 期時点でも単年度赤字が続いており、ピボットの検討が必要といえる。

以上の分析は、積分 (I) 視点=累積評価の重要性を裏づけている。すなわち、初期赤字が常態であっても、累積的な動向を追うことにより構造的な改善や悪化を識別し、撤退か継続かの判断をより的確に下すことが可能となる。

7.2 早期判断のための D 指標の活用

事業が失敗に向かうケース 2 では、第 7 期の決算を待って判断するのでは遅く、できるだけ早い段階で撤退か継続かを見極めることができ望ましい。そこで本節では、第 6 章で導入した微分 (D) 視点の補完指標—利加速と利加加速—を活用し、積分 (I) 視点による累積評価に先立つ早期判断の材料とすること

SaaS スタートアップの業績評価への PID 制御の適用

で、累積動向の転換点をより早く把握できることを示す。

具体的にケース 2 の利加速と利加加速を算定し時系列化すると（表 9・図 6），第 4 期を境に挙動が変化していることが確認でき

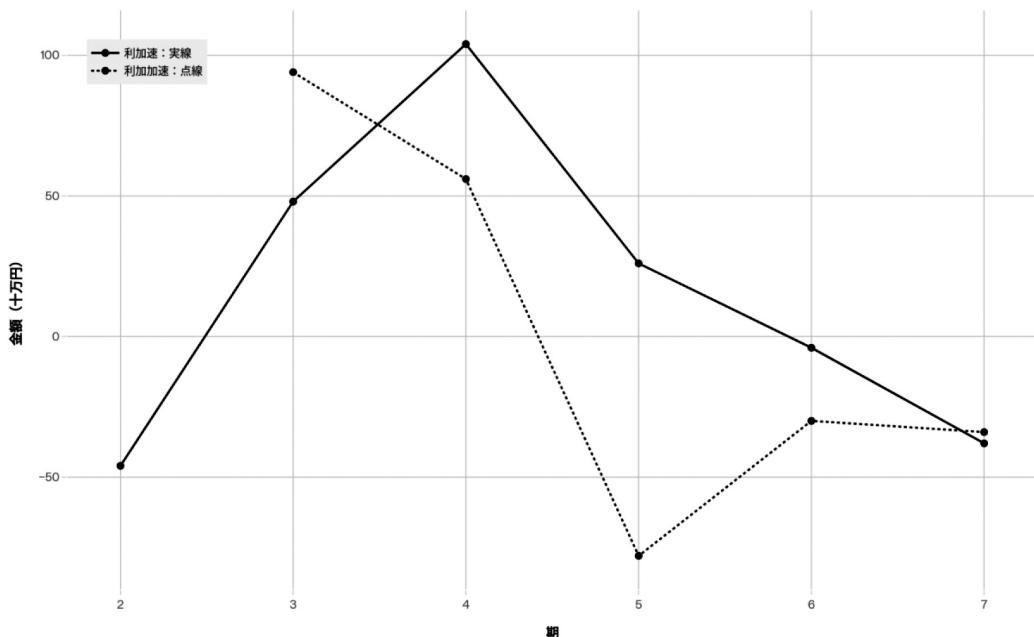
る。図 6 に示すとおり、第 5 期以降は利加速が継続的に低下し、利加加速も同様に負の値を示し続けている。このことから、第 4 期時点で成長の勢いがピークに達し、その後、減速局面へと移行したと判断される。

表 9 ケース 2 の利加速 (A) と利加加速 (J)

(単位：万円)

月	利益（累積）	利益（月） / 利速 (V=P _t)	利加速 A = Δ P	利加加速 J = Δ A
1	-200	-200	—	—
2	-446	-246	-46	—
3	-644	-198	48	94
4	-738	-94	104	56
5	-806	-68	26	-78
6	-878	-72	-4	-30
7	-988	-110	-38	-34

(出所) 筆者作成



(出所) 筆者作成

図 6 ケース 2 の利加速 (A)・利加加速 (J) のグラフ

したがって、積分 (I) 視点の累積グラフが明確な悪化を示すよりも前に、第 5 期や第 6 期の段階で撤退やピボットの判断に踏み切る根拠が得られる。さらに、第 5 期の利益が確定する前に、直近データをもとに差分近似やデータの平滑化を行って予測し、利加速・利加加速の傾きや符号を推定できれば、第 5 期時点での早期判断の可能性は一層高まる。

本章では、積分 (I) 視点による累積成果の軌道を基準として、スタートアップ特有の J カーブおよび非回復パターンを識別するとともに、微分 (D) 視点の補完指標（利加速・利加加速）を活用することで、転換点を早期に検知し、撤退・継続やピボットといった判断を機動的に行うための枠組みを示した。すなわち、累積評価 (I 視点) によって中長期的な妥当性を確認しつつ、早期検知 (D 視点) によって悪化の兆しをいち早く捉えるという二段構えが、スタートアップの業績評価において有効に機能する。以上の分析は、動的な業績評価において、積分 (I) 的評価と微分 (D) 的指標の併用が有用であることを裏づけている。

8 結びにかえて

本稿は、SaaS スタートアップの文脈において、静態的な定点評価では捉えにくい「短期の兆候把握」と「中長期の妥当性確認」の両立させるため、制御工学の PID 制御をアナロジーとして管理会計に統合した動的業績評価の枠組みを提示するものである。具体的には、即応 (P)・累積妥当性 (I)・早期検知 (D) という役割分担をもつ評価構造を示し、利速会計（井尻、1990）および時系列分析を D 視点と I 視点の理論的補完として用いることで、仮説検証サイクルと累積成果を同時に扱う動的評価の可能性を明らかにした。

本稿の貢献は 3 点に整理される。第 1 に、

業績指標の役割を PID の各視点から体系化し、静的な定点評価に偏りがちな従来の枠組みを、即応 (P)・累積妥当性 (I)・早期検知 (D) が相互補完的に機能する動的評価へと拡張した。第 2 に、井尻（1990）の利速会計を踏まえて導出した微分系指標（利加速・利加速度）により、転換点の早期検知が施策見直しやピボット判断の適時性を高めうることを示した。第 3 に、成長を前提とするスタートアップの文脈において、積分 (I) 視点による累積評価を時系列分析において具体化し、これに短期の微分 (D) 視点による早期検知を組み合わせることで、中長期の妥当性確認と短期的な兆候把握を二段構えで両立させる評価枠組みを提示した。

理論的含意としては、管理会計における「時間概念」の組み込み¹⁴⁾を、制御工学との統合を通じて具体化した点にある。実務的含意としては、SaaS スタートアップの業績評価に際し、P（現在への即応）・I（累積妥当性の確認）・D（傾向に基づく早期検知）という役割分担を明確にすることで、中長期の事業評価やピボット判断を適時に行える可能性を示した。

もっとも、本稿には少なくとも 4 つの限界がある。第 1 に、転換点の把握において微分 (D) 指標に依拠するため、転換点が存在しない、あるいは頻発する状況では有効性が低下する。第 2 に、微分 (D) 視点は兆候の検知にとどまり因果の特定には至らないため、施策の見直しには原因究明に向けた補助的分析が不可欠である。第 3 に、会計データの性質上、実際には微分そのものではなく差分で算出するため、利加速・利加速度の算定には観測期間分のタイムラグが不可避である。第 4 に、微分（差分）値はノイズに敏感であり、観測期間を短縮するほど季節性や外的要因による短期変動を過大評価するリスクが高まる。これらの限界のうち、第 3 と第 4 は期間設定やデータの平滑化といった工夫に

より一定程度緩和可能である。しかし、第 1 と第 2 は理論的な前提に依存するため根本的な解消は難しく、引き続き検討が求められる。

今後の研究課題として、3 点を挙げる。第 1 に、サービスプロフィットチェーン (SPC) やバリュープロフィットチェーン (VPC) の因果モデルに PID 視点を適用し、とりわけ中長期の価値創出要因を積分 (I) 的に評価する枠組みを精緻化すること。第 2 に、差異分析¹⁵⁾を動的に発展させるため、差異データの累積 (I) および変化率 (D) を取り入れる分析手法を確立すること。第 3 に、大企業の「両利きの経営」(伊藤, 2023) や戦略創発 (新江・伊藤, 2012) に対して、組織全

体の舵取りを累積的動向から捉える積分 (I) 視点と、転換の兆しを捉える微分 (D) 視点を組み合わせた評価枠組みの適用可能性を検討することである。

本稿は、制御工学と業績評価の統合により、仮説検証サイクルと累積成果を扱う動的評価の理論的基盤を提示し、SaaS スタートアップにおける意思決定支援の実践的意義を明らかにした。しかしながら、本稿は概念提案にとどまり、検討は合成データに基づくものである。したがって、今後は実証データによる枠組みの検証に加え、SaaS 以外の業種への適用を通じて、内的妥当性と外的妥当性の確立を図る必要がある。

(注)

- 1) その他、スタートアップの MC において「人」の重要性を指摘する研究 (新江・伊藤, 2022) もある。その指摘を踏まえれば、本稿は「仕組み」を主題としているものの、MC では「人」の側面も重要なことを付言しておきたい。
- 2) Tosetti et al. (2008) は Kunreuther (1969) をその根拠として引用しているが、原典の文脈に照らすと、その解釈の妥当性には疑問が残る可能性がある。ただし、本稿は「3 項構造の類似性」という指摘自体に意義を認め、これを検討の拠り所とする。
- 3) リアルオプションの投資意思決定への適用としては Dixit and Pindyck (1994) の研究、システムダイナミクスの BSC (バランス・スコアカード) への適用としては Nielsen and Nielsen (2008) 研究などを参照。
- 4) ただし、本稿は、リアルオプションやシステムダイナミクスの導入を全面的に否定するものではない。最小限の仮定に基づく適用を前提とし、スタートアップにおける段階的投資や因果仮説の可視化において、一定の有用性を持つ可能性があると考えられる。
- 5) SaaS は、サブスクリプション型の課金形態と結

びつくことが多い。

- 6) 三浦 (2003) も、力学概念 (正弦波・周期運動・共振) を援用し、経営活動を動学的にモデル化するとともに、ROA (総資産利益率) や ROE (自己資本利益率) といった比率指標の再解釈を試みているが、会計体系そのものの刷新を目指した井尻 (1990) とは目的を異なる。
- 7) 井尻 (1990) 自身は velocity ではなく、力学における momentum (運動量) にならい、「利速 (インカム・モメンタム、または単にモメンタム)」(p.16) という表現を用いている。
- 8) 本稿と同様に、固定収益会計におけるバスタブモデルの差異分析 (松岡, 2011; 松岡・鈴木, 2009; Matsuoka, 2019) や業績モメンタム (平屋, 2022, 2023) も、利速会計が重視する動的指標に着目している。
- 9) 井尻 (1990) は、(三式簿記の) 仕訳における「利速」の相手勘定である「作速」を通じて利速の増減理由を把握しようとしている。すなわち、利速会計は会計体系全体として情報量を拡張しようとしており、本指摘は井尻 (1990) を批判するものではなく、あくまで視点の相違を示すものである。
- 10) 井尻 (1990) は、「利速」の相手勘定である「作

SaaS スタートアップの業績評価への PID 制御の適用

- 速」を微分したものを「利力」と定義している。この「利力」は、利速の微分という点において、本稿の「利加速」と対応する。
- 11) 「利益・利速・利加速・利加速度」は、資本（純資産）の増加差額（＝利益）とその時間微分（1階・2階・3階）に位置づけられ、力学における「距離・速度・加速度・加加速度（躍度）」に相当する。なお、平屋（2022）は「利速」「利加速」に相当する概念を、それぞれ「利益速度」「利益加速度」として提案している。
- 12) 6.2(2)で述べたとおり、本稿は分析上の便宜から利速そのものではなく「利加速」「利加速度」
- に拠るが、利速の基本的な考え方自体に異論はない。
- 13) このルールは投資額の早期回収に着目した実務上の目安であり、年数自体に厳密な根拠があるわけではない。
- 14) 新江・伊藤（2020）は、管理会計研究において時間概念を組み込む必要性を指摘している。
- 15) 6.2(4)で述べたように、本稿における PID 制御の適用はあくまでアナロジーにとどめ、誤差に着目する差異分析ではなく期間比較の枠組みに PID の視点を導入している。

(参考文献)

- 新江孝・伊藤克容（2012）「マネジメント・コントロール概念の再検討—戦略創発との関係に着目して」『会計学研究』26, 1-15.
- 新江孝・伊藤克容（2020）、「マネジメント・コントロール研究における時間概念への着目」『商学集志』90(2・3), 1-19.
- 新江孝・伊藤克容（2022）、「リーン・スタートアップと業績測定—イノベーションのためのマネジメント・コントロール」『商学集志』91(4), 1-19.
- 井尻雄士（1990）. 『利速会計』入門—企業成長への新業績評価システム 日本経済新聞出版.
- 伊藤克容（2023）。「両利きの経営」を実現するマネジメント・コントロール手法に関する考察」『成蹊大学経済経営論集』54(2), 45-67.
- 加登豊（2017）。「なぜ日本企業は“撤退”を決められないのか—機能しない「3年—5年」ルール」『プレジデント・オンライン』「加登豊の蟻の一穴」<https://president.jp/articles/-/23888>
- 株式会社リーディング・イノベーション（2022）. 『新規事業のマネジメント課題「新規事業の中止、撤退基準づくり研究会」趣意書』https://www.lead-in.com/wordpress/wp-content/uploads/2022/12/sem_2212.pdf
- 平屋伸洋（2022）。「モメンタムとマネジメント」『経営教育研究』25(2), 7-18.
- 平屋伸洋（2023）。「業績モメンタムの時系列特性—ソニーグループ株式会社のリストラクチャリングに関する事例研究」『政経論叢』91(3-4), 81-109.
- 福田淳児（2019）。「スタートアップ企業における MCS の採用とその精緻化」『メルコ管理会計研究』11(2), 3-23.
- 藤原大豊・青木章通（2025）. 『サブスク会計学—持続的な成長への理論と実践』中央経済社.
- 松岡孝介（2011）。「固定収益会計における差異分析の体系とその課題」『東北学院大学経営学論集』1, 113-133.
- 松岡孝介・鈴木研一（2009）。「固定収益会計における差異展開の研究—Bathtub Model の適応」『原価計算研究』33(2), 45-58.
- 三浦吉孝（2003）。「力学を用いた経営組織モデルの実用性に関する考察—市場と組織の共振に関する研究 第4報」『経営・情報研究』7, 39-63.
- Dixit, A. K. and R. S. Pindyck. (1994). *Investment under Uncertainty*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

SaaS スタートアップの業績評価への PID 制御の適用

- (川口有一郎・谷下雅義・堤盛人・中村康治・長谷川専・吉田二郎訳. 『投資決定理論とリアルオプション—不確実性のもとでの投資』エコノミスト社, 2002 年.)
- Faria, L. (2015). *The Essential SaaS Metrics Guide: How to Grow Your Subscription Business by Measuring It the Right Way* (Kindle Edition). Leo Faria.
- Kunreuther, H. (1969). "Extensions of Bowman's Theory on Managerial Decision-Making". *Management Science*, 15 (8), B-415-B-439.
- Matsuoka, K. (2019). "Bathtub Model Variance Analysis at a Japanese Hotel Chain". In Suzuki, K. and Gerd, B. (ed.) *Fixed Revenue Accounting: A New Management Accounting Framework* (pp.85–98). Singapore: World Scientific.
- Nielsen, S. and Nielsen, E. H. (2008). "System Dynamics Modelling for a Balanced Scorecard: Computing the Influence of Skills, Customers, and Work in Process on the Return on Capital Employed". *Management Research News*. 31 (3), 169-188.
- Pelz, M. (2018). *How Management Accounting Can Be Helpful for Startup Companies*. Doctoral dissertation (Karlsruhe Institute of Technology, Germany).
- Ries, E. (2011). *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. New York, NY: Crown Business. (井口耕二訳『リーン・スタートアップ：ムダのない起業プロセスでイノベーションを生みだす』日経 BP 社, 2012 年.)
- Ries, E. (2017). *The Startup Way: How Modern Companies Use Entrepreneurial Management to Transform Culture and Drive Long-Term Growth*. New York, NY: Currency. (井口耕二訳『スタートアップ・ウェイ：予測不可能な世界で成長し続けるマネジメント』日経 BP 社, 2018 年.)
- Sarhadi, P. (2025). "On the Standard Performance Criteria for Applied Control Design: PID, MPC or Machine Learning Controller?". *ArXiv*, abs/2503, 14379.
- Tosetti, S., Patiño, D., Capraro, F. and Gambier, A. (2008). "Control of a Production-Inventory System Using a PID Controller and Demand Prediction". *IFAC Proceedings*, 41 (2), pp.1869-1874.

(Abstract)

This paper identifies the limitations of conventional static performance evaluation methods in the context of startups, which are characterized by high uncertainty and environmental dynamism. To address these challenges, it proposes a dynamic evaluation framework grounded in the principles of PID control from control engineering. Specifically, the study conceptualizes the proportional (P), integral (I), and derivative (D) elements as responsiveness, cumulative evaluation, and early detection, respectively. By integrating these elements into performance evaluation, it establishes a theoretical foundation with a focus on SaaS startups. Furthermore, the integration of Momentum Accounting as a complementary component enhances the derivative (D) perspective, enabling the simultaneous assessment of iterative hypothesis-testing cycles and long-term cumulative outcomes. The study contributes to the development of a theoretical basis for dynamic performance evaluation tailored to the distinctive characteristics of startup enterprises.