



エンジニアリング企業の需給管理

2013年4月4日

文教大学 石井 信明

本日の内容



1. エンジニアリング企業とは
2. 契約とリスク
3. エンジニアリング企業の業績変動
4. 需給マネジメントの要点
5. 検討例(進行中)

エンジニアリング企業とは

エンジニアリング企業の主な業務

- ・顧客要求に基づき案件ごとに設計・調達・建設（EPC）を請負う企業

＜エンジニアリング企業の例＞

- プラントエンジニアリング（石油・ガス・化学・電力・鉱業・原子力、等）、ゼネコン、情報通信、造船
- 新興国のインフラ整備、地球温暖化対策、代替エネルギー活用、など、今後も活躍が期待される

エンジニアリング企業とは

2007年度エンジニアリング振興協会統計

受注高： 国内8.8兆円 海外3.5兆円

企業数(国内)： 専業 約40社 建設、電気・通信など約120社

エンジニアリング企業とは

エンジニアリング企業の重要性

- 国内に残された**国際競争力のある輸出産業**
- 機械装置、化学装置、情報システムが高度に集約された大型システムの設計・調達・建設・保守のために、**簡単には真似の出来ない高度な技術を保有**
- 人々の安心・安全、国家の**社会基盤を支えるシステム**を提供する能力を保有
- 国家間の経済協力、外交関係の観点からも、当該産業の**健全な成長が重要**

エンジニアリング企業とは

社会基盤を支える重要な産業でありながら、その経営は必ずしも安定していない

- 60年代の高度成長、70年代の国際化、80年代の大競争、90年代の価格競争と停滞、2000年以降の再挑戦（真のグローバル化の始まり）
- 80年代、90年代のリストラによる人材流出
- 国内人件費の高騰によるグローバルでの価格競争力低下

新たな領域に挑戦しながら課題を克服してきた

- 60年代からのモダンプロジェクトマネジメントの導入
- 3D-CAD、エンジニアリングデータベースなどのIT化
- 調達先・オペレーションのグローバル化

エンジニアリング企業の世界ランキング(2006年度自国外からの請負収入)

1	HOCHTIEF AG, Essen, Germany	16	Grupo ACS, Madrid, Spain
2	Skanska AB, Solna, Sweden	17	Consolidated Contractors Int'l Co., Athens, Greece
3	VINCI, Rueil-Malmaison, France	18	Chiyoda Corp., Yokohama, Japan
4	STRABAG SE, Vienna, Austria	19	Balfour Beatty plc, London, U.K
5	BOUYGUES, Paris, France	20	China State Construction Eng'g Corp., Beijing, China
6	KBR, Houston, Texas, U.S.A.	21	Construtora Norberto Odebrecht, Sao Paulo, Brazil
7	Bechtel, San Francisco, Calif., U.S.A.	22	PCL Construction Enterprises, Denver, Colo., U.S.A.
8	Fluor Corp., Irving, Texas, U.S.A.	23	Kajima Corp., Tokyo, Japan
9	TECHNIP, Paris La Defense, France	24	CEGELEC, Nanterre, France
10	Bilnger Berger AG, Mannheim, Germany	25	Aker Kvaerner ASA, Lysaker, Norway
11	Royal BAM Group nv, Bunnik, The Netherlands	26	EIFFAGE, Asnieres-su-Seine, France
12	Ferrovial, Madrid, Spain	27	Snamprogetti, Milan, Italy
13	Bovis Lend Lease, Harrow, Middlesex, U.K.	28	Obayashi Corp., Tokyo, Japan
14	AMEC plc, London, U.K.	29	Petrofac Ltd., Jersey, U.K.
15	JGC Corp., Yokohama, Japan	30	Jacobs, Pasadena, Calif., U.S.A. 7

EPC価格の構造

価格



Net Cost

コストの精度は産業分野により異なる。
ビルディングの場合、受注段階でのコスト精度はかなり高いといわれる (+/-1%?)

プロセスプラントの場合、見積自由度が多く、一般に精度は高くない。

超概算見積： -25% ~ +75%

予算化見積： -10% ~ +25%

確定見積： -5% ~ +10%

→ コストに関するリスク低減
見積精度向上 (時間と費用が必要)
契約の工夫、調達の工夫

契約の代表例とリスク

実費償還契約

CPPC
コストプラス・パー
センテージ・オブ・コ
スト契約

CPFF
コストプラス固定
フィー契約

CPIF
コストプラス・インセ
ンティブ・フィー契約

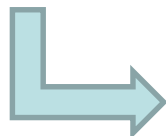
買手リスク: 高
売手リスク: 低

FPIF
定額インセンティ
ブ・フィー契約

FFP
完全定額契約

買手リスク: 低
売手リスク: 高

定額契約



コスト変動リスクは受注企業が負う
設計と施工を分離しないEPC一括契約に
より納期短縮も実現できる

→ 顧客にとり魅力的となるケースがある

契約の代表例

日本のエンジニアリング企業は、下記を経営の基礎とし、あえてリスクの高い「定額契約（EPC一括請負契約）」を得意とすることで欧米企業との差別化を行い、成長をしてきた

- 高度なプロジェクトマネジメント技術
- 高度な調達能力
- 優秀な人材とその育成

EPC一括請負契約（ランプサム契約、ターンキー契約）

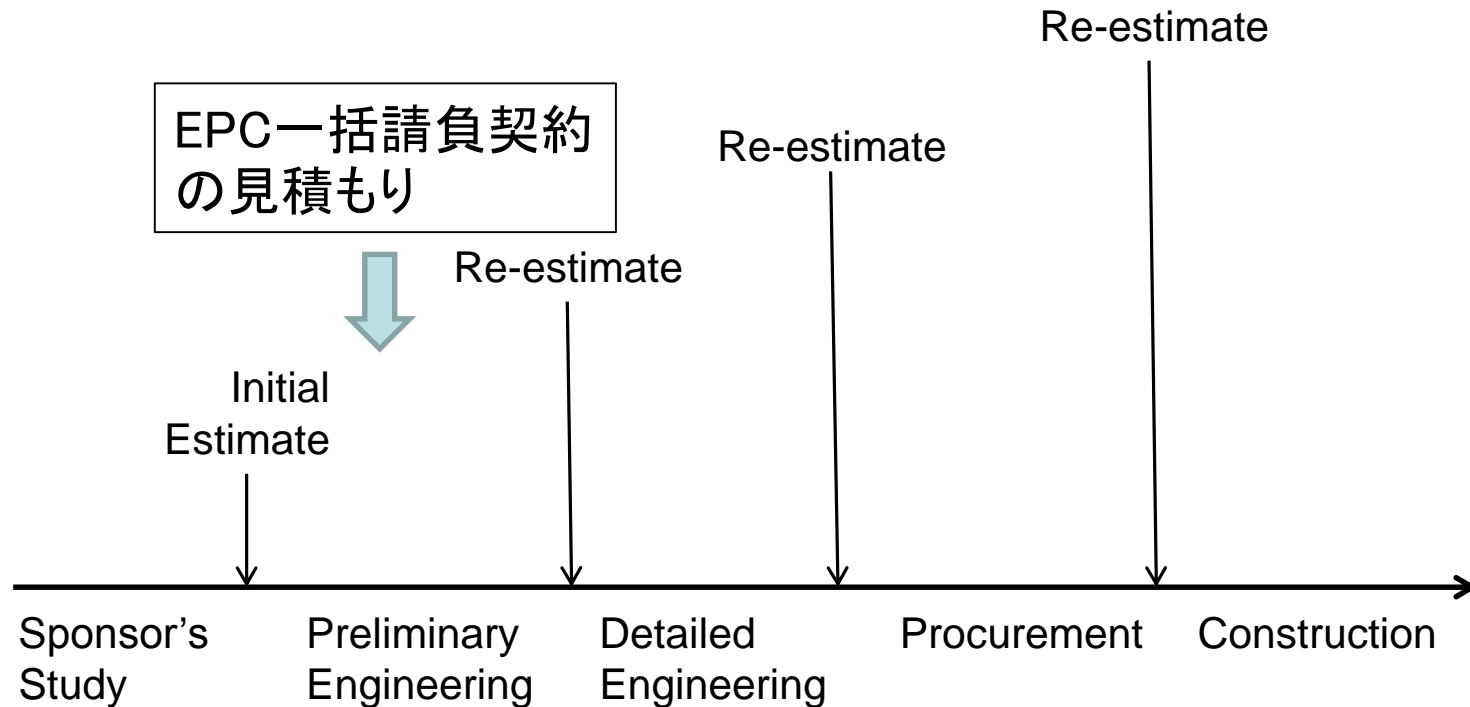
EPC: Engineering, Procurement, Construction

近年は、基本設計（FEED: Front End Engineering Design）と詳細設計以降を分割して契約する形態も増加

契約の代表例

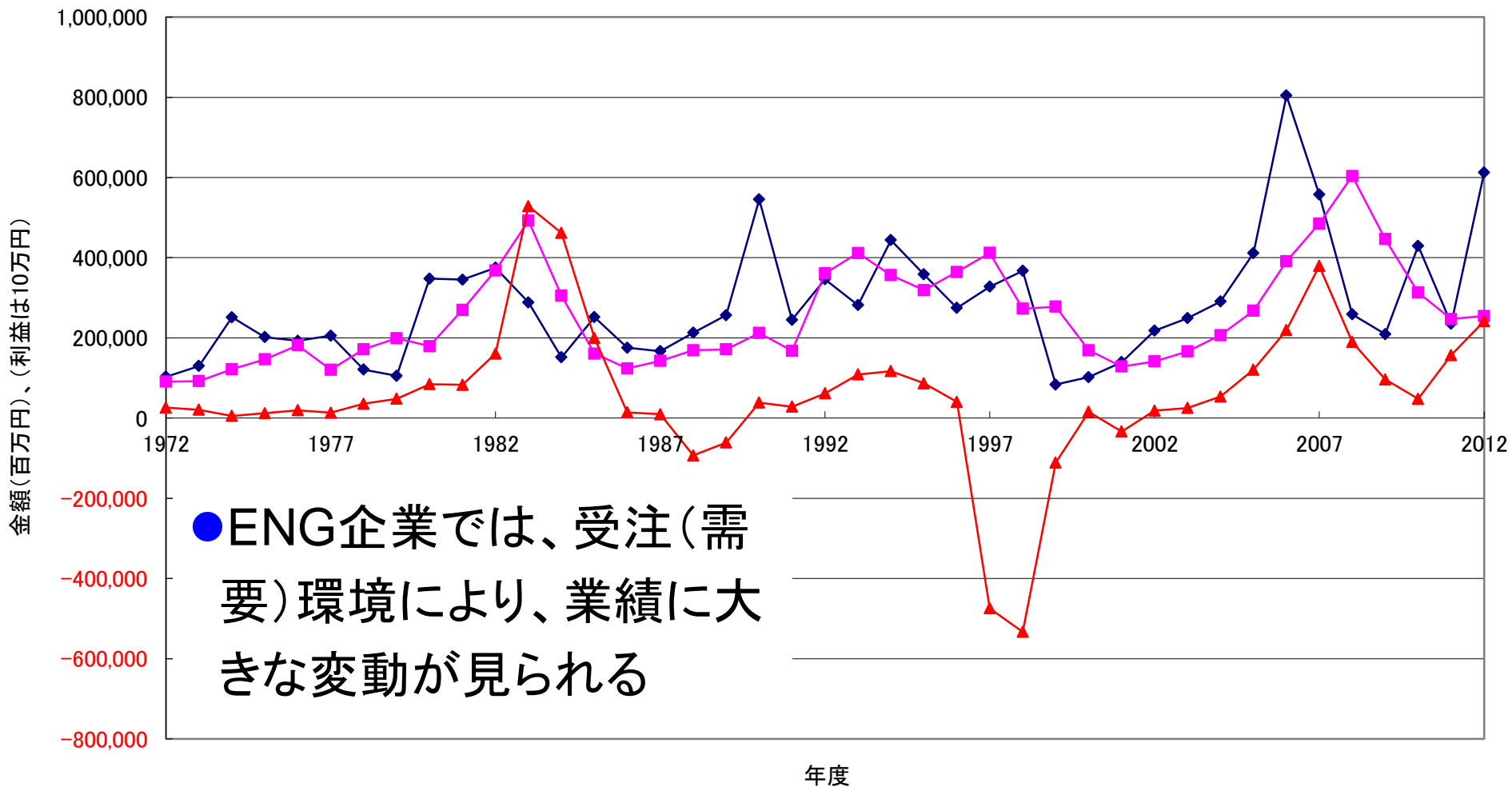
プロジェクトフェーズと見積もり

Oberlender, G. D., Project Management for Engineering and Construction



経営の過去の実態

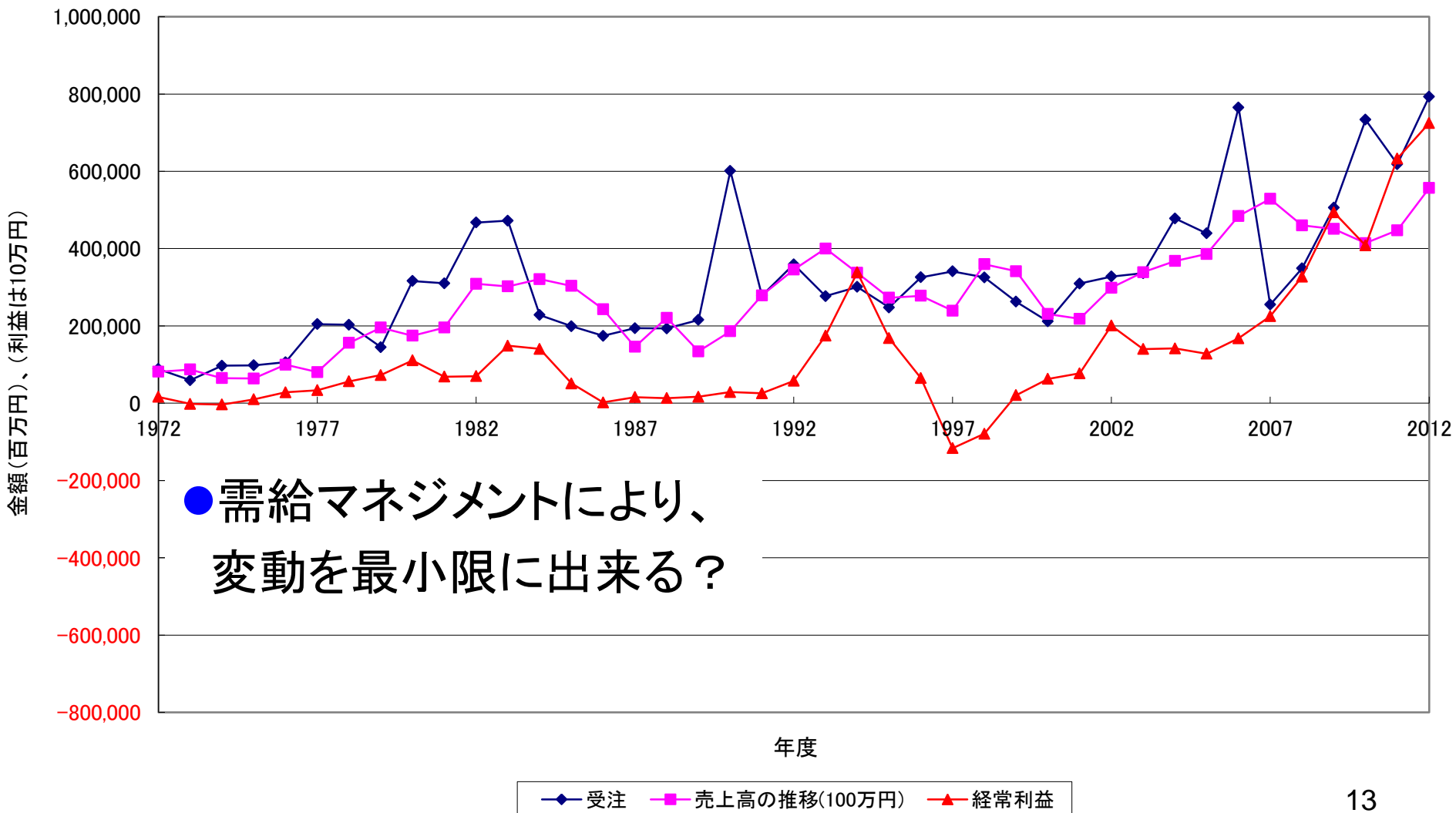
プラントエンジニアリング企業A社の過去40年間の業績



● 受注 ■ 売上 ▲ 税引き前利益(百万円 × 10)

経営の過去の実態

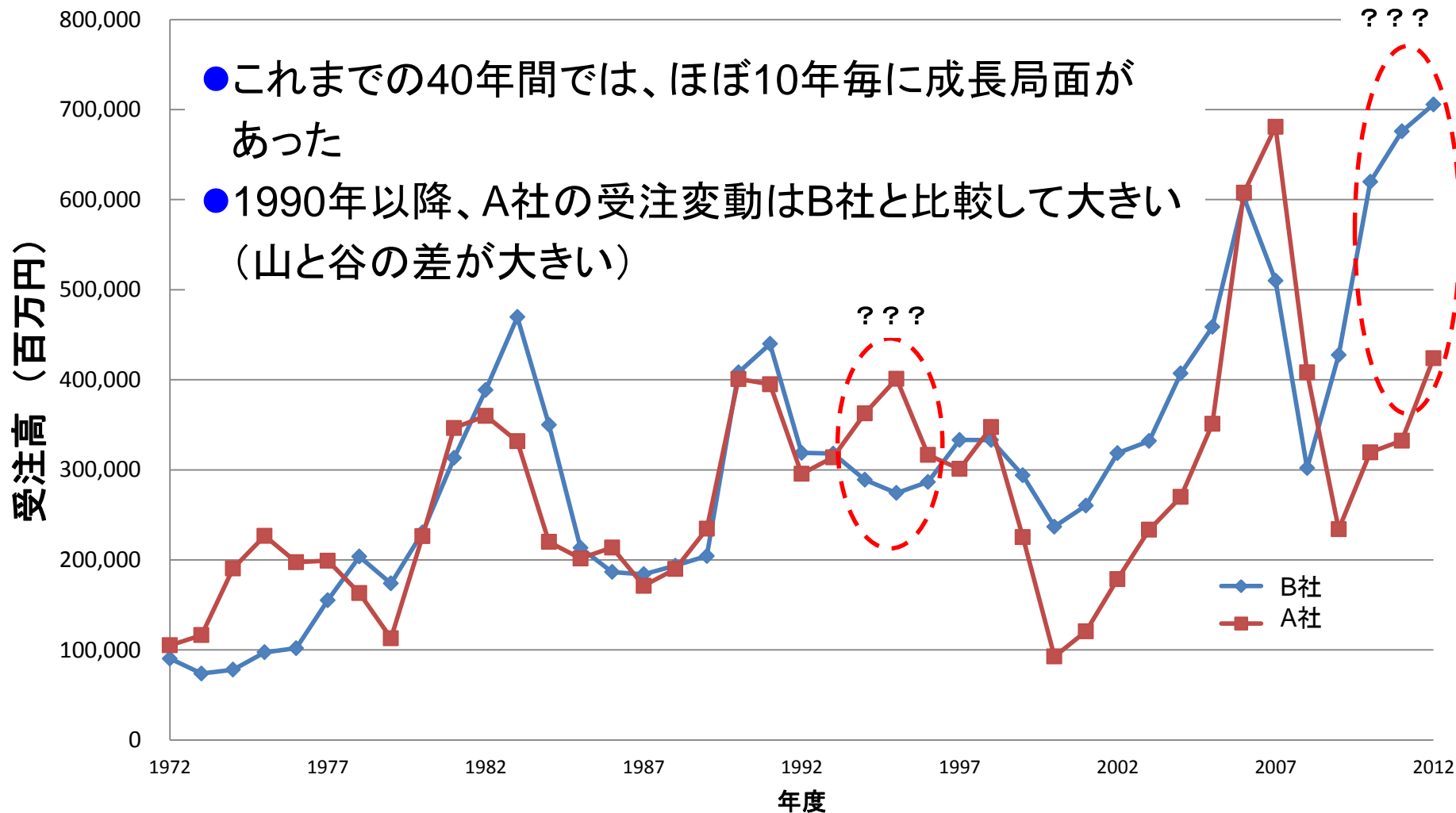
プラントエンジニアリング企業B社の過去40年間の業績



経営の過去の実態

プラントエンジニアリング企業A,B社の比較

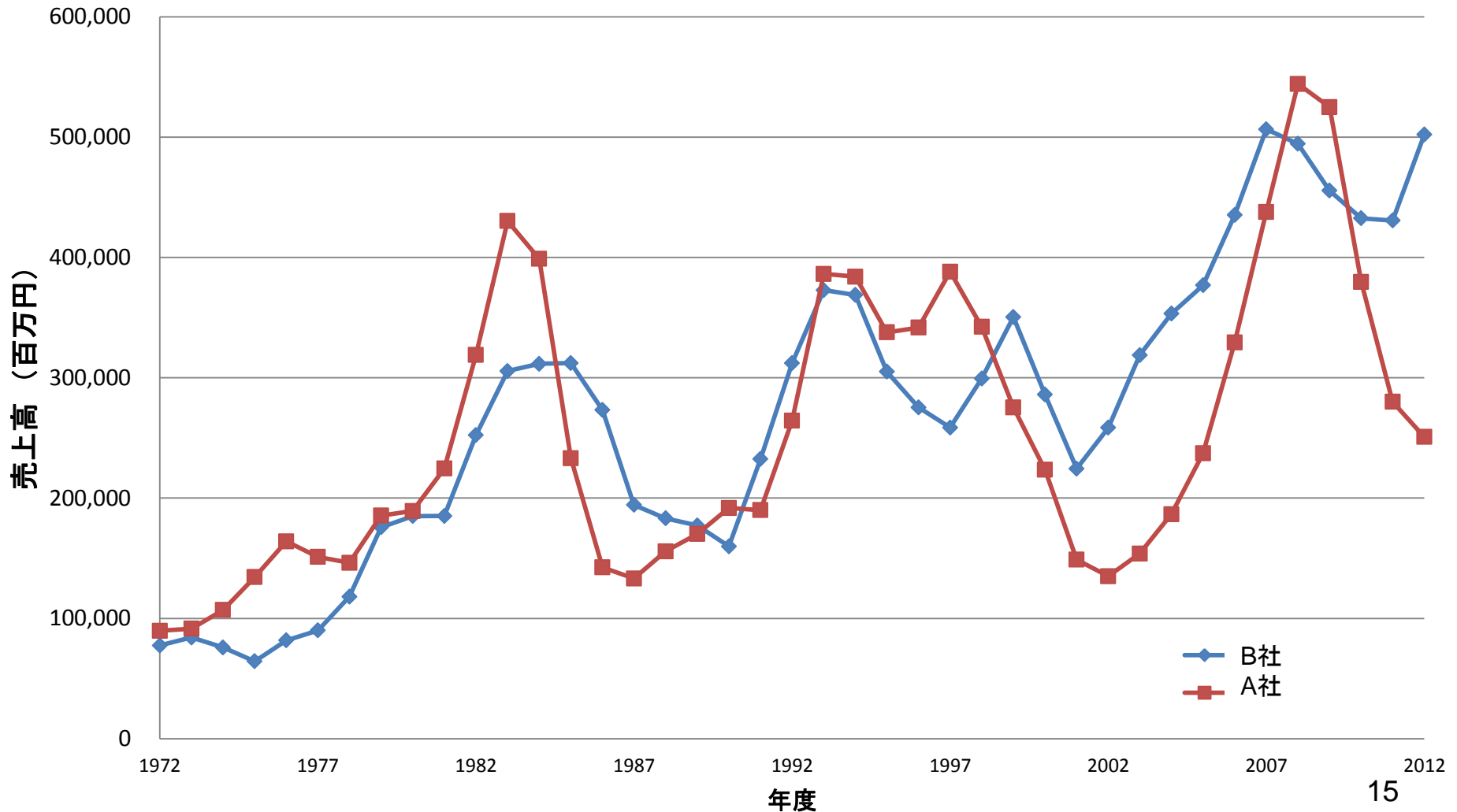
受注比較(2期スモーキング)



経営の過去の実態

プラントエンジニアリング企業A,B社の比較

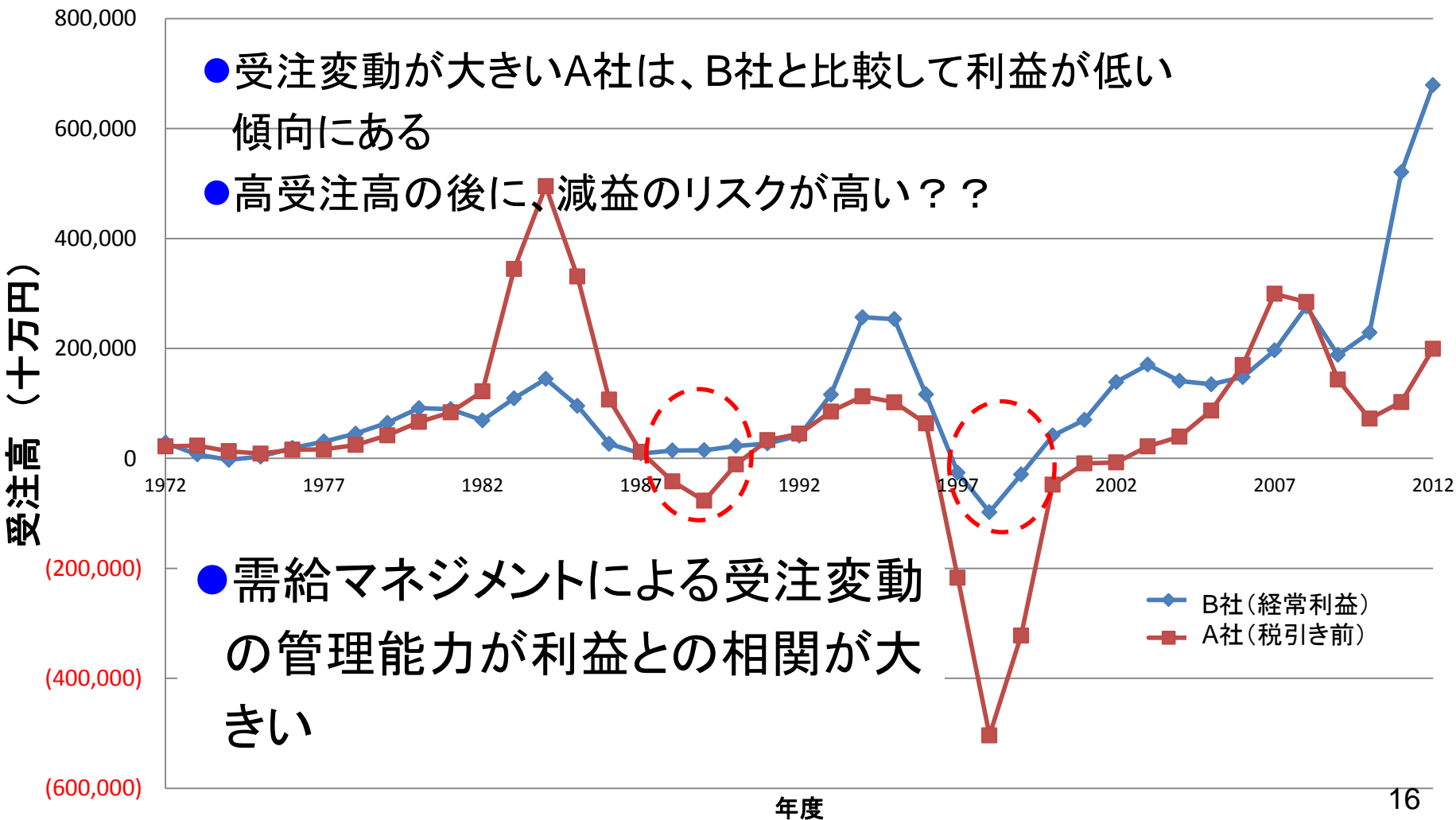
売上比較 (2期スムージング)



経営の過去の実態

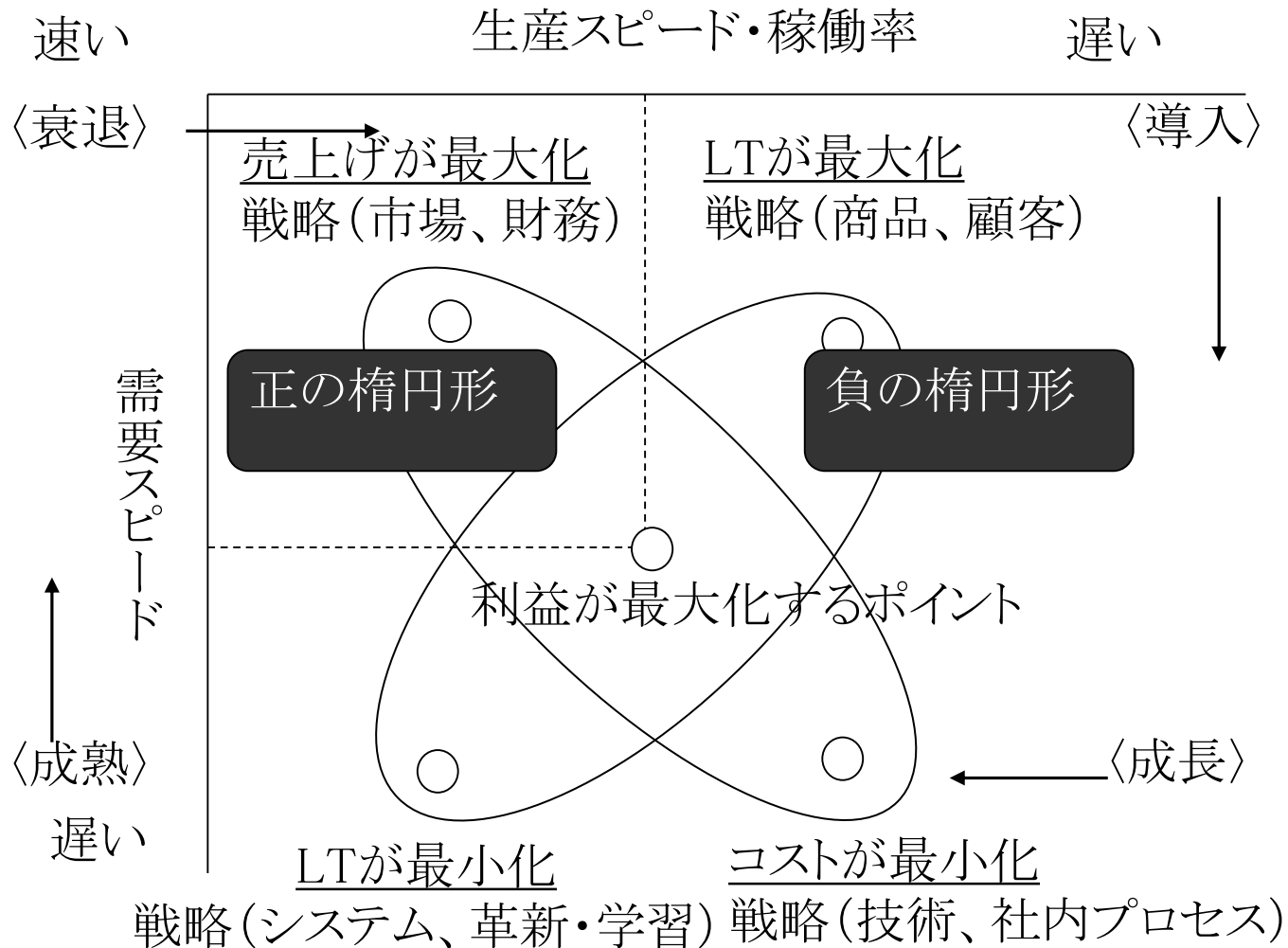
プラントエンジニアリング企業A,B社の比較

利益比較(2期スムージング)



需給マネジメント

利益を最大化する需給の均衡点が存在する。



需給マネジメント

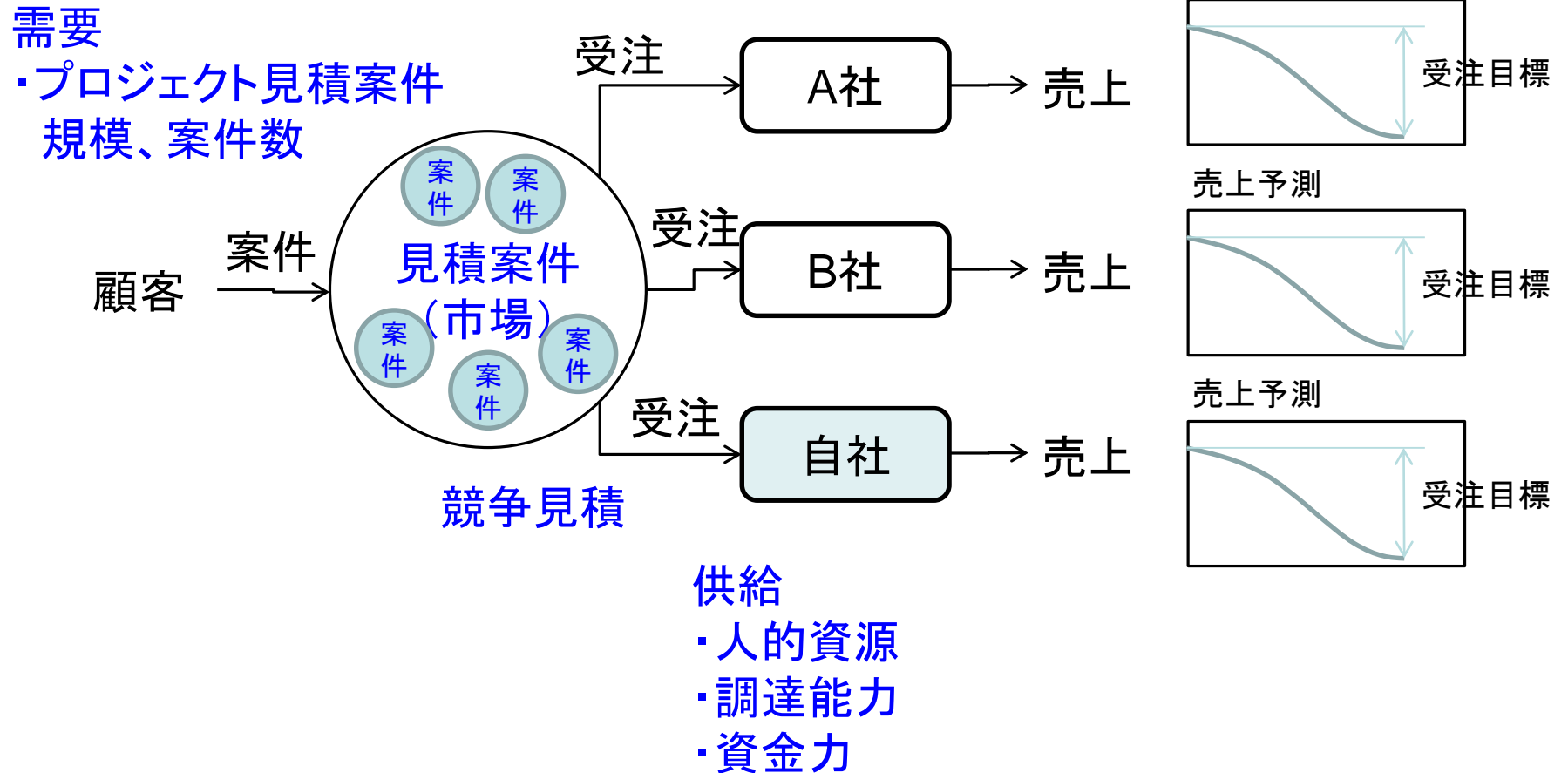
- 一般に、利益を最大化する需給の均衡点が存在する

<エンジニアリング企業の場合>

- 過去、需給の均衡点がダイナミックに、大きく変化したと考えられる
- 需給の自己調整は難しい
 - ✓ 需要は、基本的に客先の投資意欲に依存する
 - ✓ 受注高を追う傾向にある？
- 供給力を左右する人的リソースの調整が難しい
 - ✓ 生産性が個人に大きく依存
 - ✓ 簡単には育成できない
- 需要の状況によらず、自ら業績変動を起こしている可能性がある

需要のマネジメント

エンジニアリング企業の需要と供給の要素



需要のマネジメント

業績変動の要因

- 発注側(需要)市場環境の変化(案件の増減)
- 資材、労働市場環境の変化(コストの増減)
- 企業競争力(供給)の変化
 - ✓技術力、提案力(人的資源要因)
 - ✓プロジェクト遂行能力(調達能力・資金力要因)
- 見積精度が悪いことによる低採算案件の受注

外部要因

内部要因

企業の持続的な存続と発展を可能とするサステナブル
経営実現に向け、**見積りと受注の観点からの需要
マネジメントシステム**が必要

競争見積りとEPCの特性

- 発注者提示の「入札要請書」は見積りに必要な情報を完全に提供しているとは限らない
- 受注者は想定に基づく見積りを行い、発注者に価格を提示する

競争見積りとEPCの特性

- 入札における提示価格が競合企業の中で最も低い場合に受注となる
 - ➔ コストを低く見積もった低採算案件ほど、受注の可能性が高まる
 - ➔ 見積精度が悪いほどコストを低く見積もる可能性が高まり、低採算案件を受注する可能性も高まる
 - ➔ 受注段階から既にPMの管理範囲を超えた想定外の実際コストとの差異が存在する

競争見積りとEPCの特性

- 見積精度は見積りへの人的資源投入規模に比例
- 見積りと受注案件遂行は共通のリソースが必要
 - ➔ 見積りと受注案件遂行を並行して行なうため、業務繁忙期には見積りに十分なリソースを投入できるとは限らない
 - ➔ リソース使用の多期間にわたるバランスを考慮しないと持続的な利益を確保できない

検討例

EPC一括請負契約のエンジニアリング企業を対象とし、下記の点を検討する。

- 見積精度と受注案件の期待利益の関係
- 需要(見積)・供給(受注・売上)・利益の多期間にわたる動的特性
- 供給(受注)戦略(内部要因)による業績変動の潜在的可能性

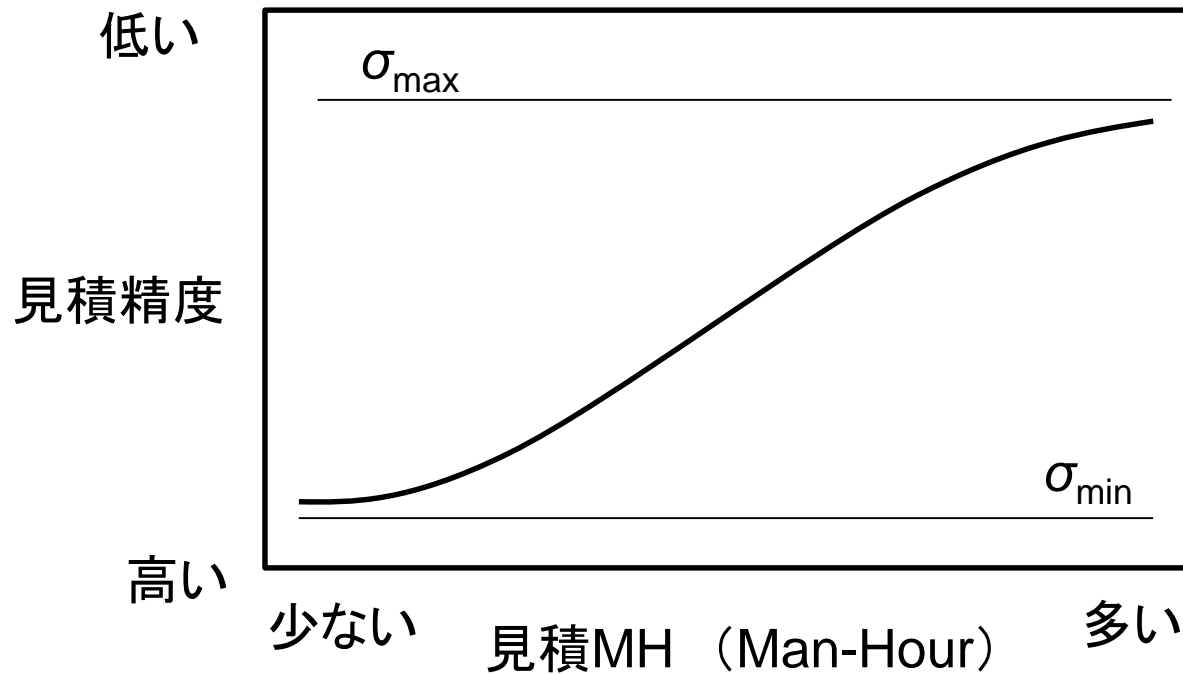
検討例

- ① 競争見積りを伴う受注設計生産企業の数理モデルを提案
 - ✓ 見積りMH (Man-Hour) - 見積精度モデル
 - ✓ 見積精度 - 期待受注利益モデル
 - ✓ 見積・受注・売上・利益の多期間モデル
- ② 数理モデルに当てはめる企業モデルを設定
- ③ 各種シナリオを設定し、シミュレーション実験により考察

見積りMH (Man-Hour)-見積り精度モデル

- 見積り精度は、見積りに要する情報量と見積り時間に比例することが知られている
- 見積り精度を本来の提示価格からの標準偏差と考える
- 見積り精度が見積りMHに比例する関係をロジスティック曲線にあてはめる

見積りMH (Man-Hour)-見積精度モデル



期待受注額の算出

- 期待受注額 (E^{est}) は、自社の提示価格が競合他社の提示価格以下となる期待値と考えられる

$$E^{est} = \int_{-\infty}^{+\infty} \left[x_1 \cdot p_1(x_1, \mu_1, \sigma_1) \cdot \prod_{k=2}^n \left\{ 1 - \int_{-\infty}^{x_1} p_k(x_k, \mu_k, \sigma_k) dx_k \right\} \right] dx_1$$

自社提示価格の
期待値

他社提示価格が全て
 x_1 以上となる確率

x : 提示価格
 σ : 見積精度

μ : 誤差のない提示価格
 p : 見積精度分布

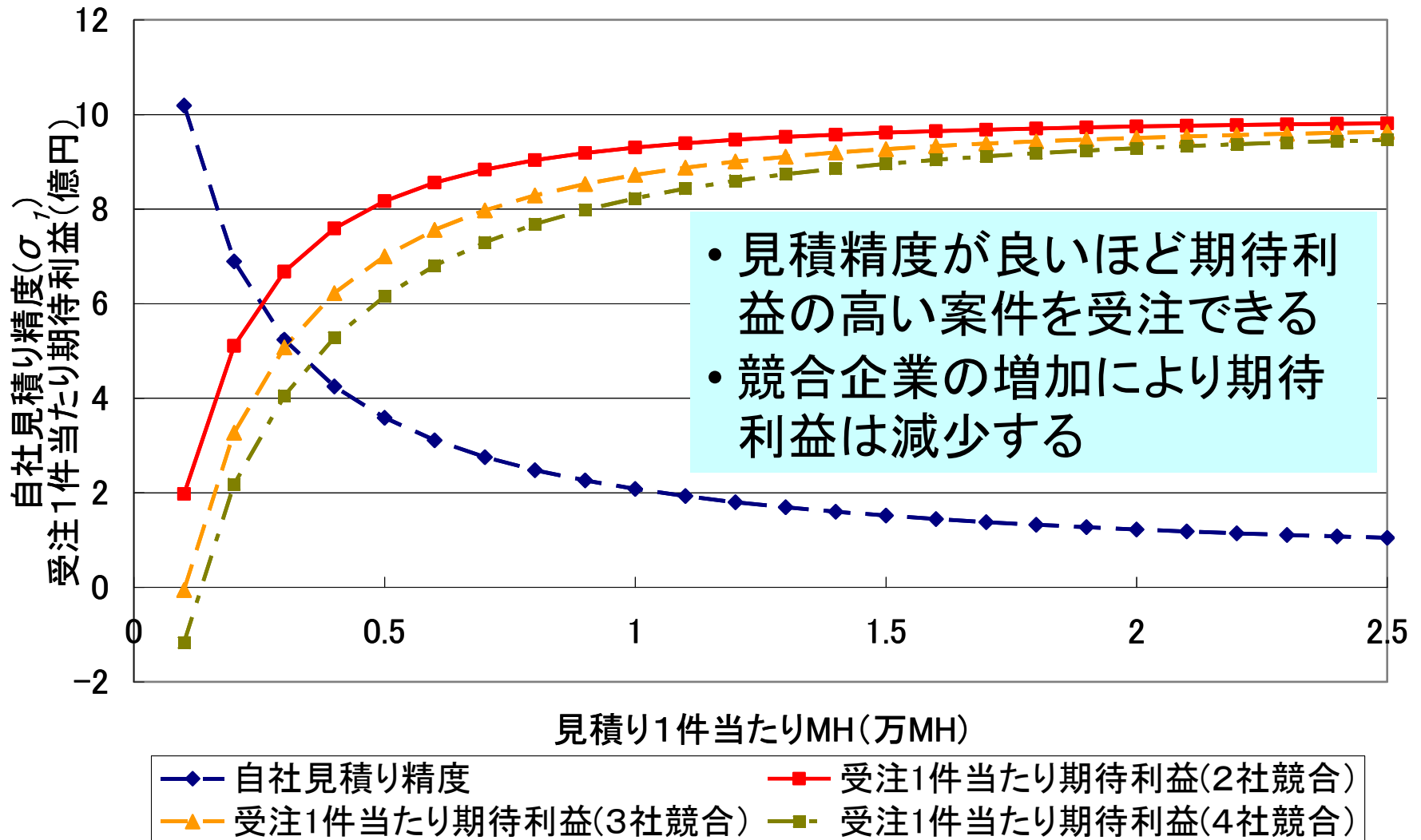
見積り精度と期待利益の関係

設定条件

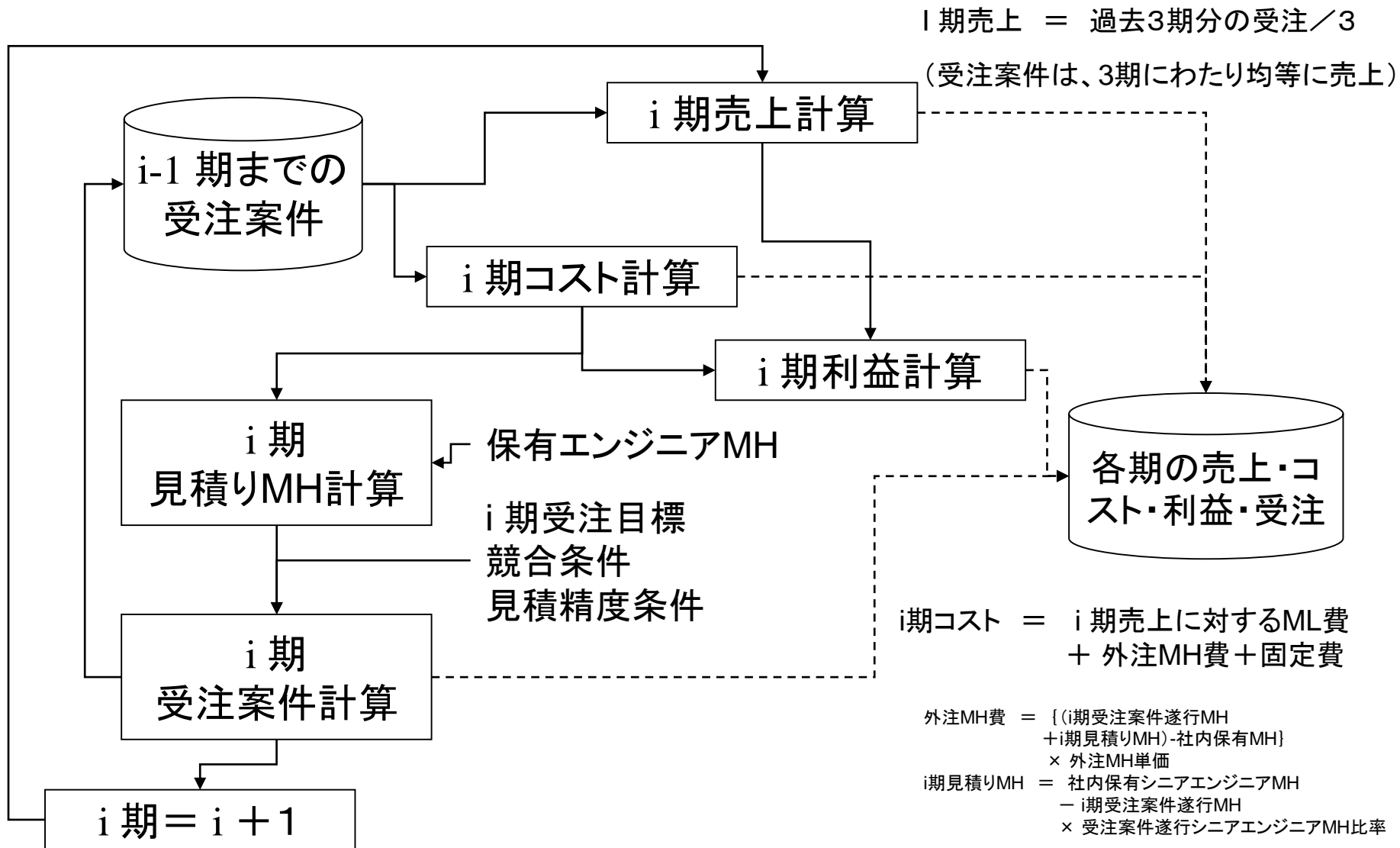
- 自社・競合他社ともに同じ競争力（提示価格以外には競争要因はない）
- 期待利益 = 期待受注額 - 実際コスト
- 詳細条件

見積り精度分布			正規分布		
μ_k :			110[億円/件]（10%の利益を含む）		
σ_k (他社見積り精度、 $K \geq 2$)			5億円		
σ_{\min}	σ_{\max}	C	0.5	20.0	0.25

見積り精度と期待利益の関係



多期間の動的特性 数値計算方法



$i \geq 1$ 、予め決めた期間を超えると終了

多期間の動的特性 おもな数値計算条件

n (入札参加企業数, 自社を含む)	3社
受注案件遂行シニアエンジニアMH比率	30%
社内保有MH	110万[MH/期]
社内保有シニアエンジニアMH	44万[MH/期]
外注MH単価	10,000(円/MH)

- 社内保有MHは、一般エンジニアMHとシニアエンジニアMHからなる
 - ✓一般エンジニアMHは、受注案件遂行ができる
 - ✓シニアエンジニアMHは、受注案件遂行と見積りができる

安定受注下の受注と利益の関係

- 多期間にわたり、每期同額の受注を継続する場合、期待利益を最大化する受注高が存在する（需給の均衡点）
 - ✓ 受注が多いと受注案件遂行にシニアエンジニアMHが必要となり、見積りMHが減少するため受注案件の期待利益が低下
 - ✓ 受注が少ないと固定費負担が大きくなり、利益が低下

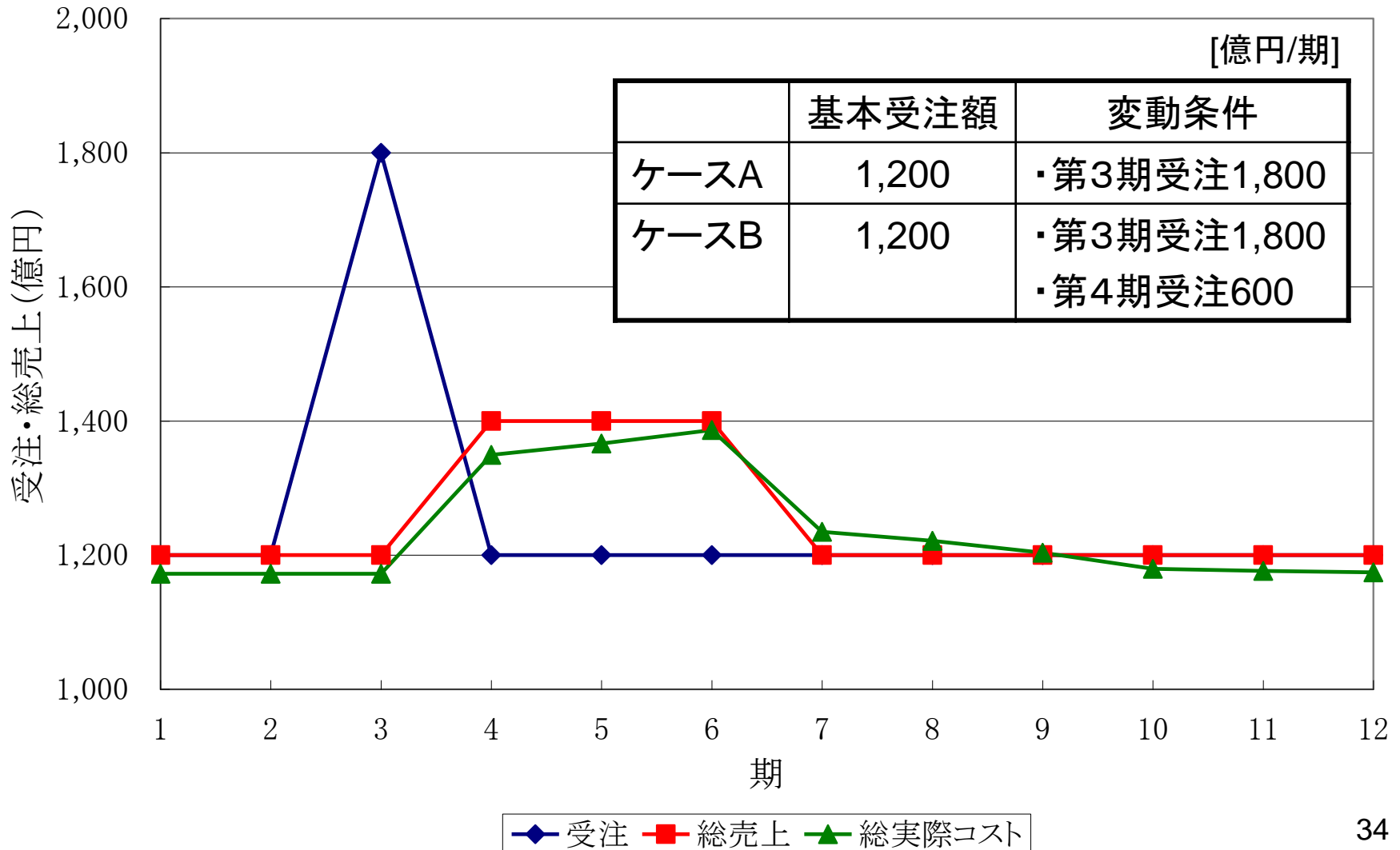
期待利益最大

[億円]

受注高	1,100	1,150	1,200	1,250	1,300
利益	25	27	28	24	13
実際コスト	1,075	1,123	1,172	1,226	1,287

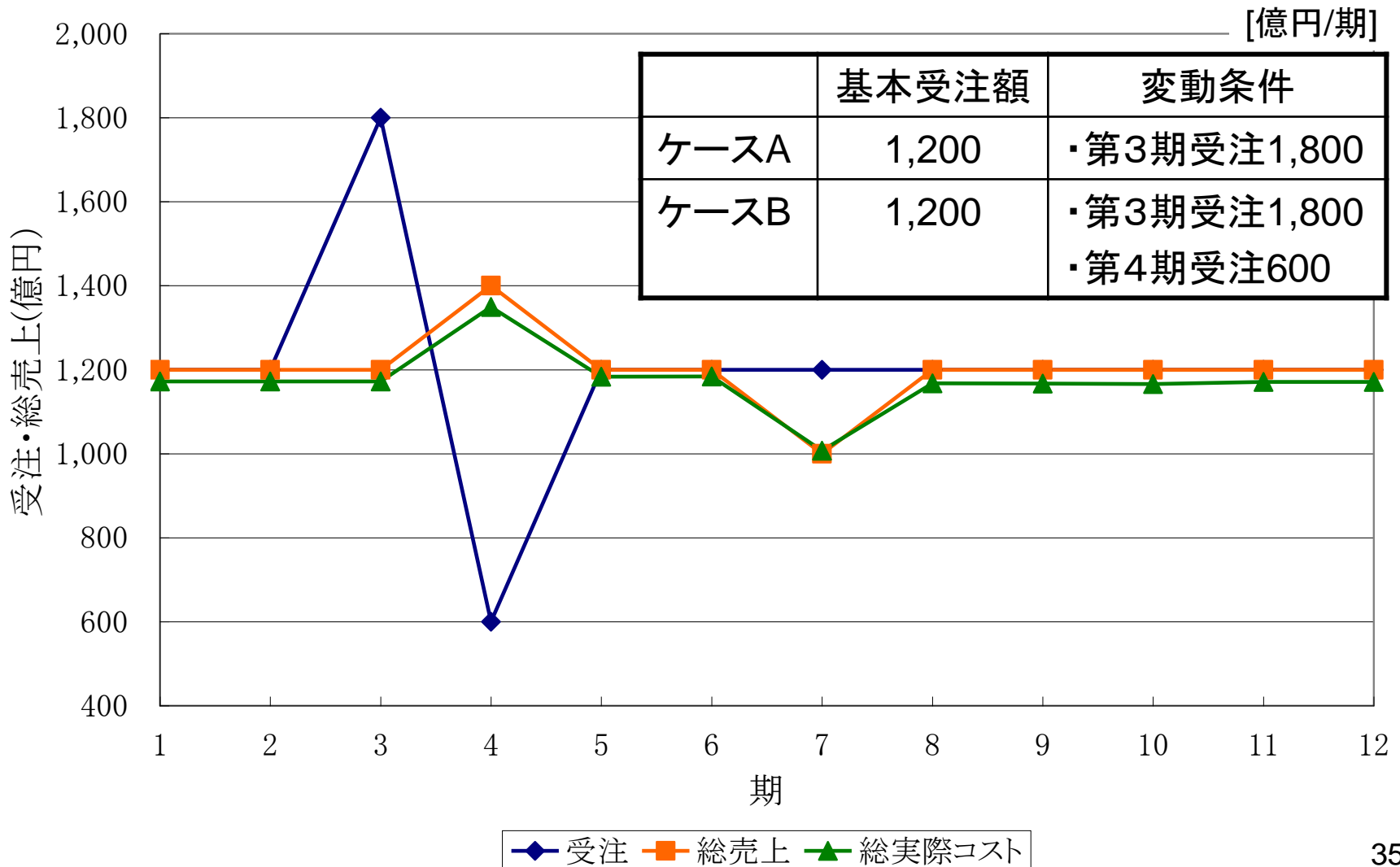
受注変動時における業績の変化

ケースA 各期ごと受注・売上・コストの変化



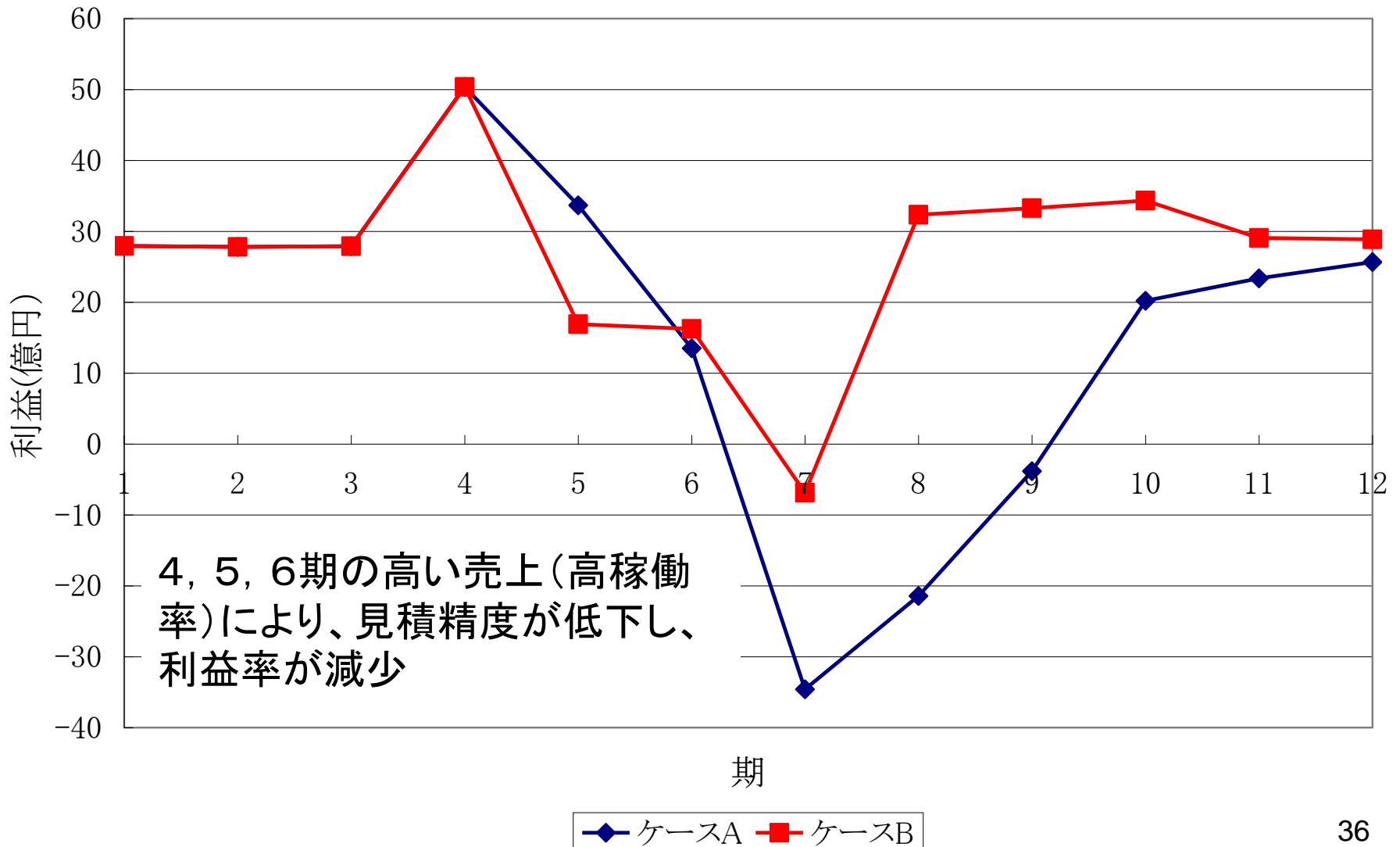
受注変動時における業績の変化

ケースB 各期ごと受注・売上・コストの変化



受注変動時における業績の変化

ケースAおよびB 各期ごとの利益の変化



受注変動時における業績の変化

	10期間総売上 [億円]	10期間総利益 [億円]
安定受注ケース (1200億/期)	12,000	280.0
ケースA	12,600	141.5
ケースB	12,000	260.2

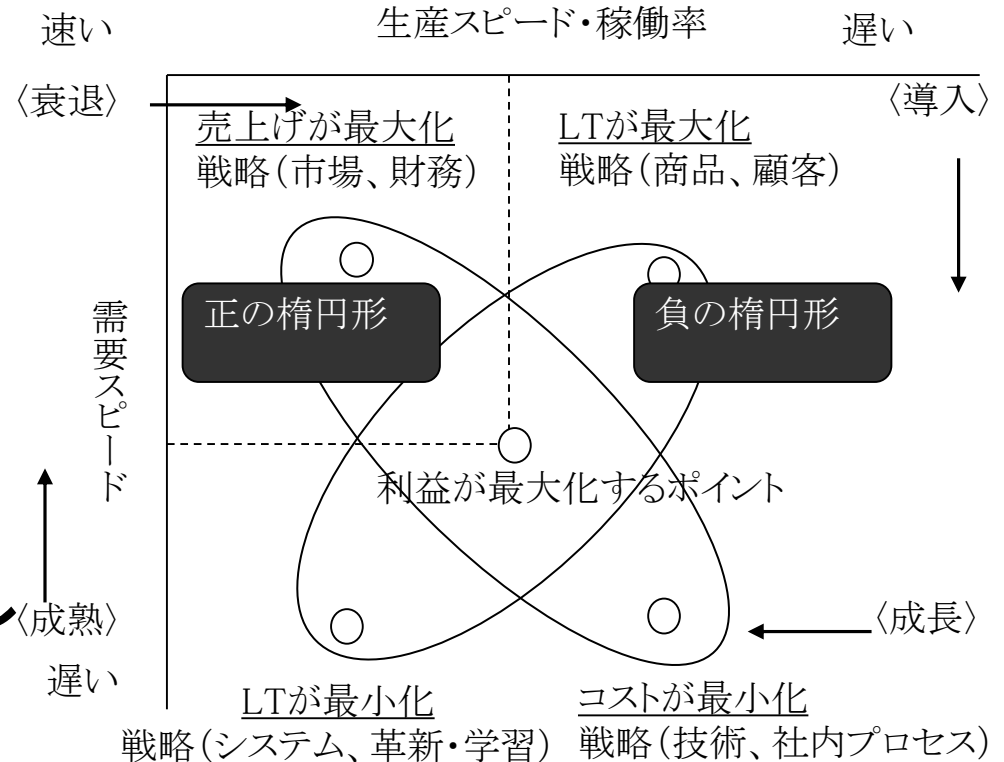
まとめ

- 見積精度と受注案件期待利益には正の相関があり、見積りMHを投入することで期待利益の高い案件を受注できる
 - エンジニアリング企業にとり、**見積は研究開発に近い業務**
 - 見積時点での失敗をプロジェクトマネジメントによりリカバーするのには限界がある
 - 見積案件へのリソースの配分が業績を左右する

まとめ

- 市場環境の変化がなくとも、**規模優先の受注戦略が業績悪化の要因**になる可能性がある

- 持続的な利益を確保するには、保有MHを考慮した**需給の均衡点の動的変化**(MH稼働率の変化)を監視した**受注調整が有効**



参考文献

- ✓ 石井信明, エンジニアリング企業の需給管理, ロジスティクス・ビジネス, 6, pp. 78-81 (2013.06).
- ✓ 松井正之, 藤川裕晃, 石井信明, 「需給マネジメント」, 朝倉書店(2009).
- ✓ Ishii, N. and Muraki, M., A strategy for accepting orders in ETO manufacturing with competitive bidding, *Proceedings of 1st international conference on simulation and modeling methodologies, technologies and applications (SIMULTECH 2011)*, pp. 380-385, The Netherlands, (2011).
- ✓ Ishii, N., Takano, Y., and Muraki, M., An order acceptance strategy under limited engineering man-hours for cost estimation in Engineering-Procurement-Construction projects, *International Journal of Project Management*, Vol. 32, pp. 519-528 (2014).