

ITを活用した金融の高度化に関するワークショップ(第3期) 第2回

## 受注情報を活用した企業評価の高度化

山中 卓

(武蔵野大学 工学部 数理工学科)

木下 美咲

(日本銀行 金融機構局 金融高度化センター)

2017年12月20日

---

本発表の中で示された内容や意見は、日本銀行の公式見解を示すものではありません。



日本銀行ワーキングペーパーシリーズ

企業の受注情報の貸出業務への活用可能性  
の検討  
— 受注情報を用いた企業評価という FinTech 的試みと事例研究 —

山中卓\*  
suguru.yamanaka@boj.or.jp

No.16-J-10  
2016年9月

日本銀行  
〒103-8660 日本郵便（株）日本橋郵便局私書箱 30号

\* 金融機構局金融高度化センター

日本銀行ワーキングペーパーシリーズは、日本銀行員および外部研究者の研究成果をとりまとめたもので、内外の研究機関、研究者等の有識者から幅広くコメントを頂戴することを意図しています。ただし、論文の中で示された内容や意見は、日本銀行の公式見解を示すものではありません。

なお、ワーキングペーパーシリーズに対するご意見・ご質問や、掲載ファイルに関するお問い合わせは、執筆までお寄せ下さい。

商用目的で転載・複製を行う場合は、予め日本銀行情報サービス局 (post\_prd@boj.or.jp) までご相談下さい。転載・複製を行う場合は、出所を明記して下さい。

## 従来の研究

山中 卓,  
「企業の受注情報の貸出業務への活用  
可能性の検討  
— 受注情報を用いた企業評価という  
FinTech的試みと事例研究 —」,  
日本銀行ワーキングペーパーシリーズ  
No.16-J-10, 2016年9月29日  
([https://www.boj.or.jp/research/wps\\_rev/  
wps\\_2016/wp16j10.htm/](https://www.boj.or.jp/research/wps_rev/wps_2016/wp16j10.htm/))

本研究ではモデルを拡張



モデル適用可能企業の拡大

# 概要

## 研究内容

- ▶ 受注情報を用いて企業を評価
  - ▶ 「良い発注元をもつ企業」, 「安定した受注, 伸びのある受注がある企業」は信用力が高い
    - ▶ 財務情報のみに基づく評価にはない観点
  - ▶ 定量的な評価方法を提示, 有用性を実証

## 背景・意義

- ▶ 成長企業への資金提供の円滑化
  - ▶ 事業性評価の必要性 → 商流情報の活用への期待
- ▶ フィンテックの進展
  - ▶ 新しい全銀システム(金融EDI), クラウド会計
    - 受注情報を取得可能に

# 受注情報の概観

## ▶ 受注情報のデータ形式サンプル(データ値は架空のもの)

発注元企業	受注日	品番	単価(千円)	数量	金額(千円)	納入予定日
〇〇社	2016/9/1	NH-103656	682.4	24	16377.6	2016/10/3
△△社	2016/9/1	NH-103657	1023.1	3	3069.3	2016/10/3
■■社	2016/9/1	NH-103658	823.5	3	2470.5	2016/10/3
〇〇社	2016/9/2	NH-103661	218.9	214	46844.6	2016/10/4
△△社	2016/9/2	NH-103657	1023.1	5	5115.5	2016/10/4
〇〇社	2016/9/5	NH-103663	253.8	354	89845.2	2016/10/5
■■社	2016/9/5	NH-103656	682.4	93	63463.2	2016/10/5
〇〇社	2016/9/6	NH-103663	253.8	267	67764.6	2016/10/6
△△社	2016/9/6	NH-103656	682.4	31	21154.4	2016/10/6
■■社	2016/9/6	NH-103665	728.1	13	9465.3	2016/10/6

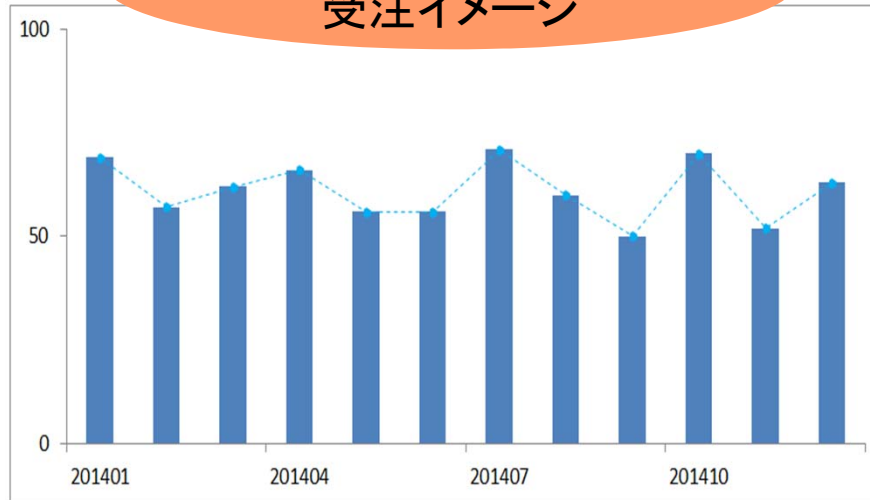
発注元の属性  
(規模, 信用力等の属性)

受注時点

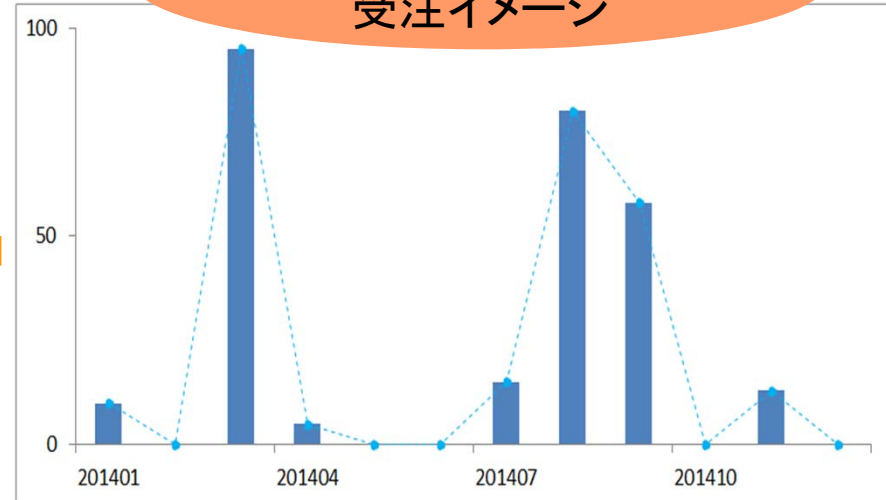
受注金額

# 発注元毎の様々な受注パターンに対応

従来の研究の  
受注イメージ



今回新たに追加する  
受注イメージ



受注額の変化率

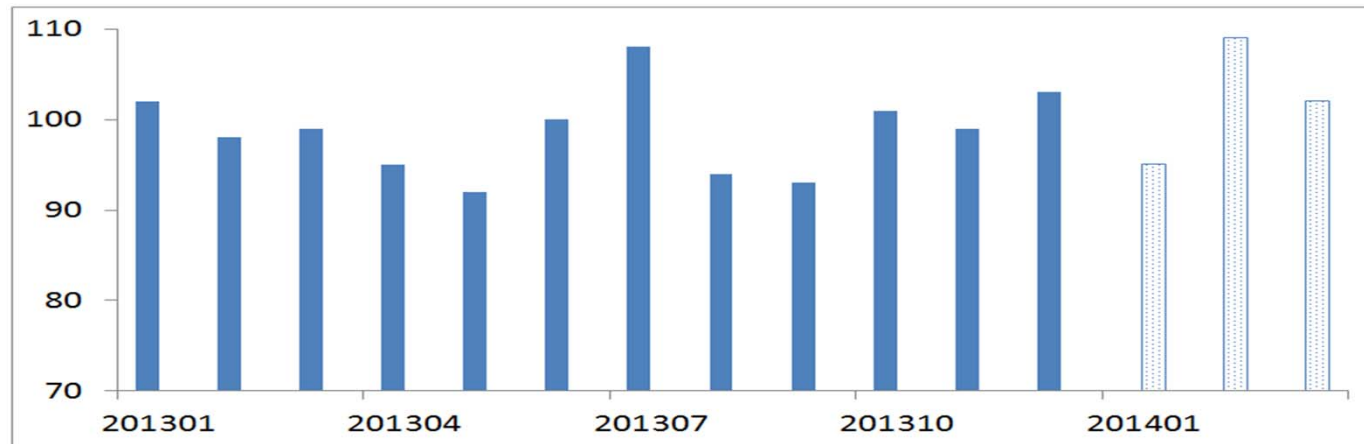
受注の発生確率

過去の受注額の動き

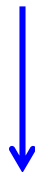
取引先の  
連鎖倒産

取引先毎の  
受注の連動性

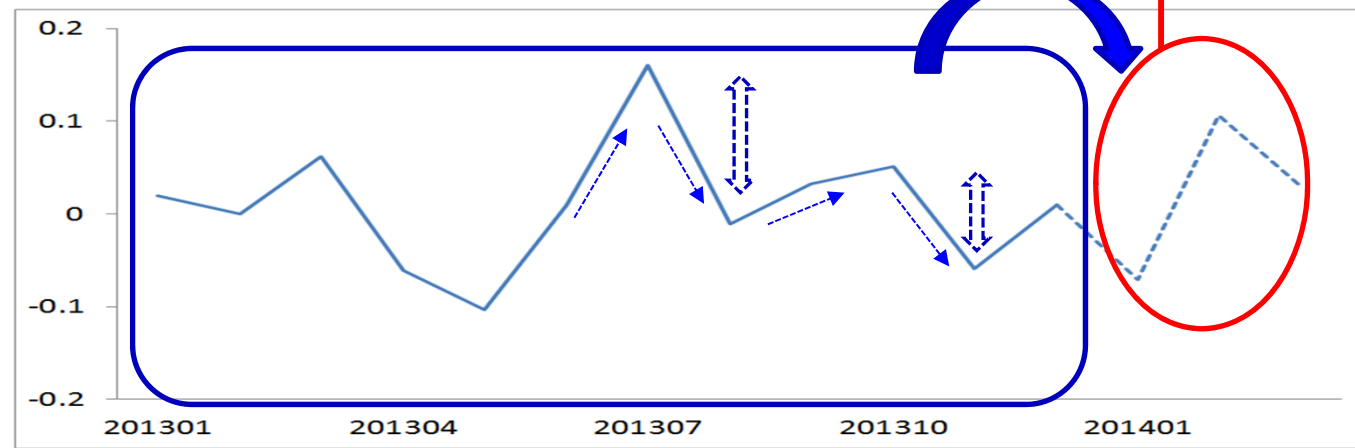
# モデルの概要～従来の研究の受注額モデル～



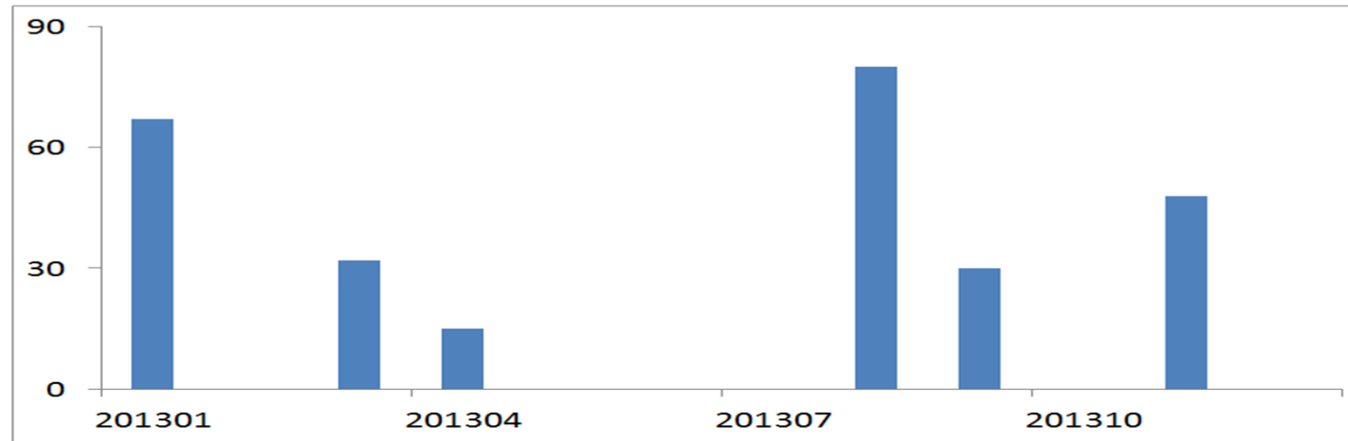
対数前年同月比



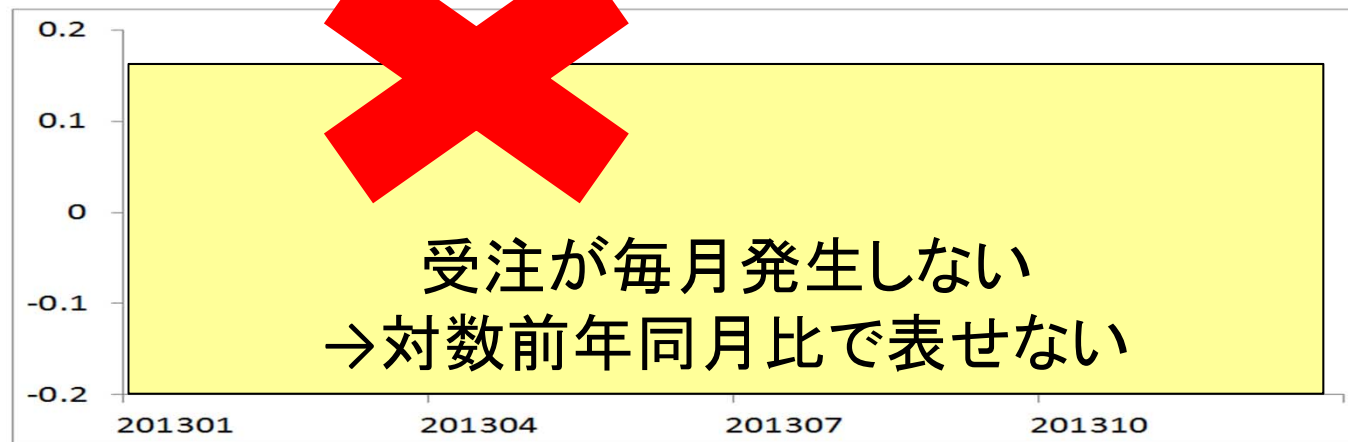
将来の変化の傾向  
を確率的に把握



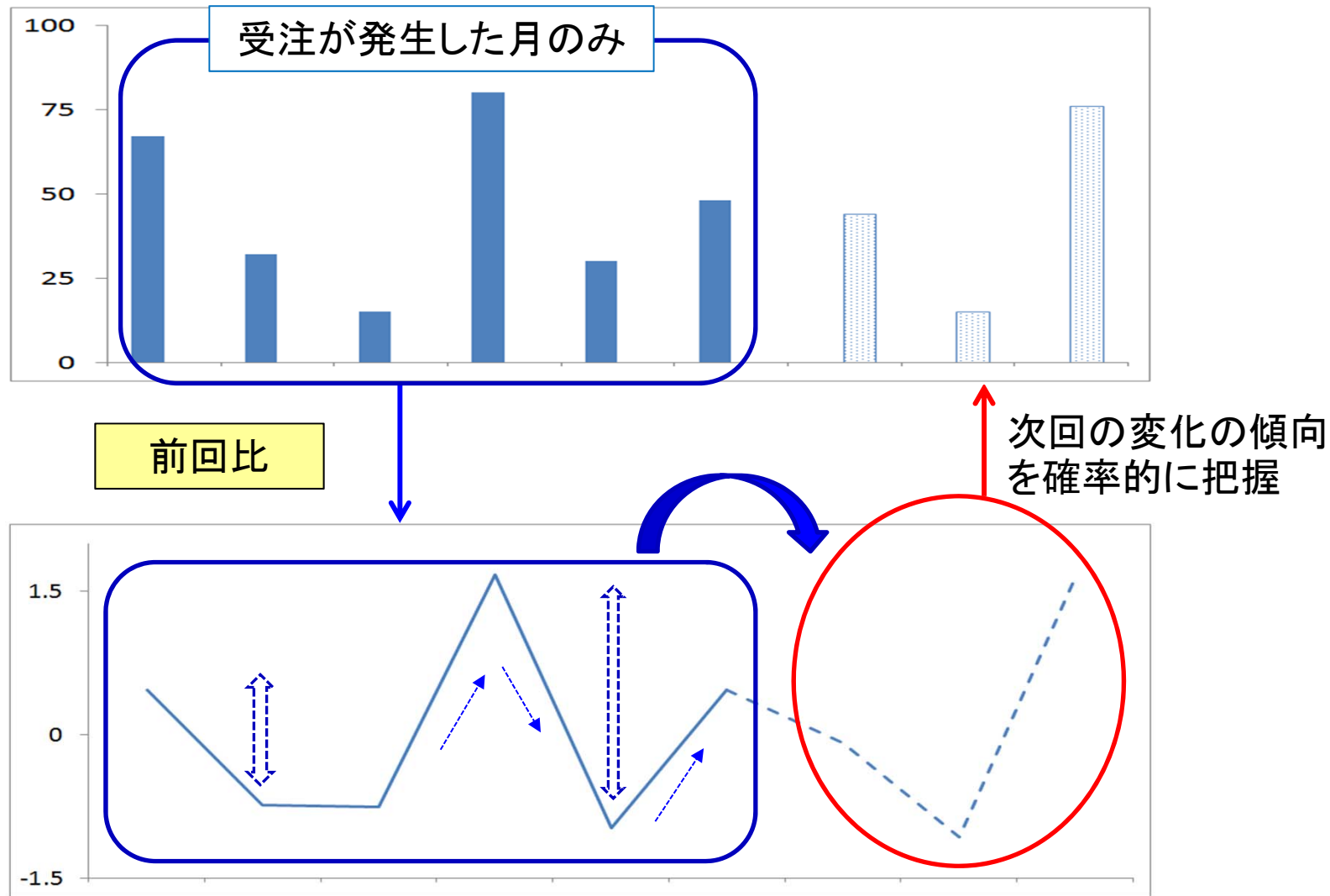
# モデルの概要～従来のモデルの課題～



対数前年同月比



# モデルの概要～本研究の受注額モデル～





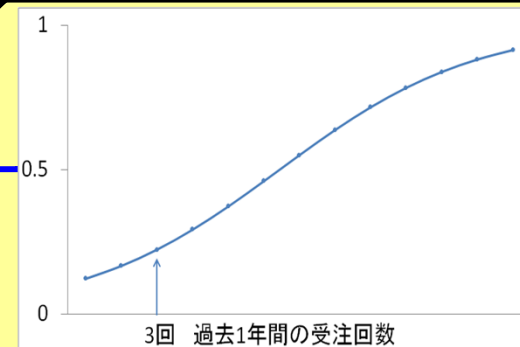
# モデルの概要～受注発生確率～

a社	2013年1月	2013年2月	2013年3月	2013年4月	2013年5月	2013年6月
当月受注発生の有無	1	1	1	0	1	1
直近1年間の受注回数	3	4	5	6	6	7

b社	2013年1月	2013年2月	2013年3月	2013年4月	2013年5月	2013年6月
当月受注発生の有無	0	0	1	0	1	1
直近1年間の受注回数	6	6	5	6	6	6

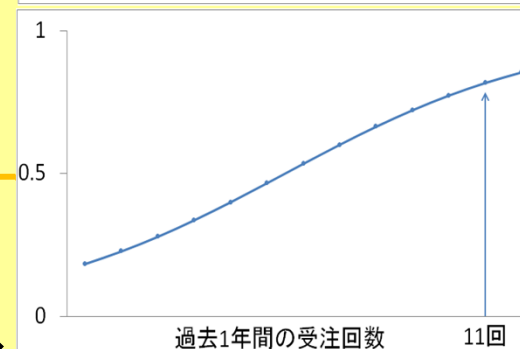
## 一般化線形モデル

a社  
過去1年間の受注回数：3回



翌月の受注発生確率  
30%

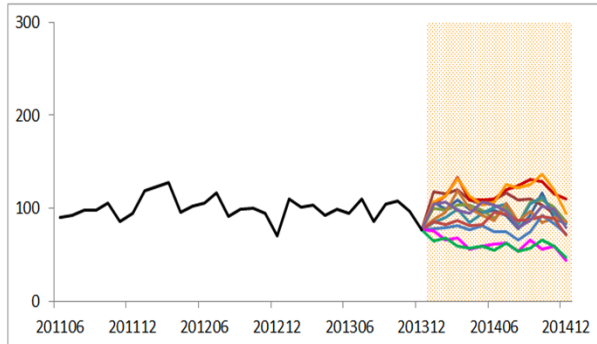
b社  
過去1年間の受注回数：11回



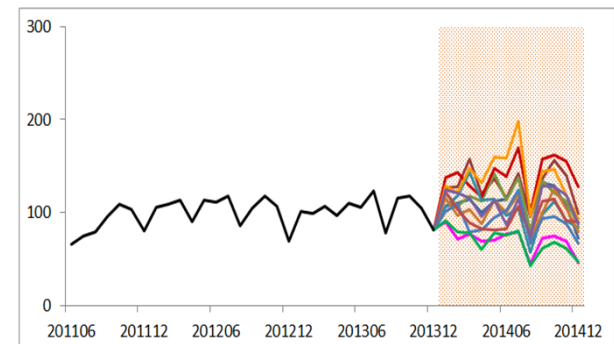
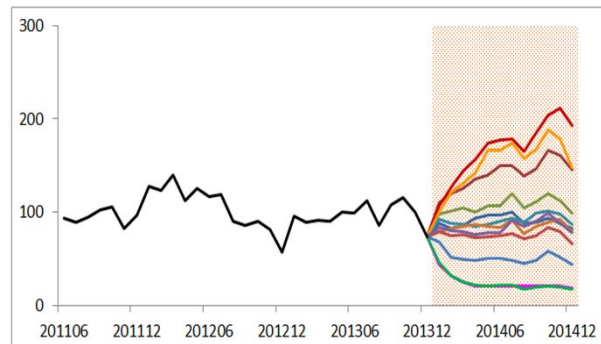
翌月の受注発生確率  
82%

# モデルの概要～評価の仕組み～

## 発注元毎の受注額



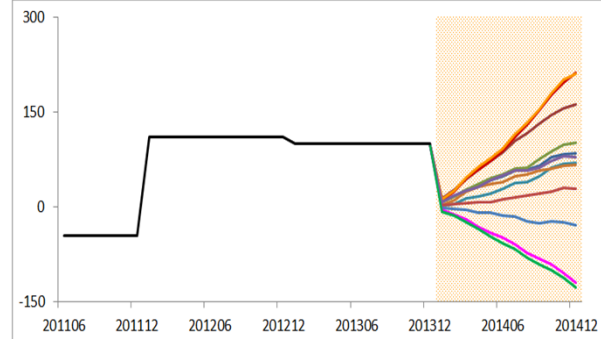
## 受注額のシミュレーション



## 損益額

費用の推計

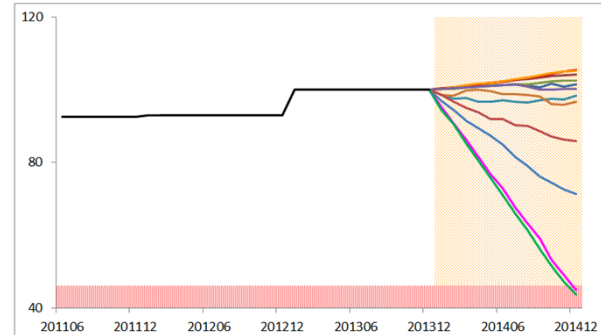
営業外損益



## 資産価値

純利益の累積

将来の損失に伴う  
減価見通しの反映



債務超過を  
デフォルトと定義

# 事例研究 ～対象企業～

## ▶ ①小島プレス工業(株)(HPより抜粋)

- ▶ 事業内容: 自動車の内外装部品の製造
- ▶ 売上高: 1,632億円(2016年)
- ▶ 主要取引先: トヨタ自動車(株), トヨタ車体(株), トヨタ自動車東日本(株), 日野自動車(株), ダイハツ工業(株), (株)豊田自動織機, アイシン精機(株), (株)デンソー, 豊田通商(株), トヨタ紡織(株), (株)ジェイテクト, 林テレンプ(株), プライムアースEVエナジー(株), その他

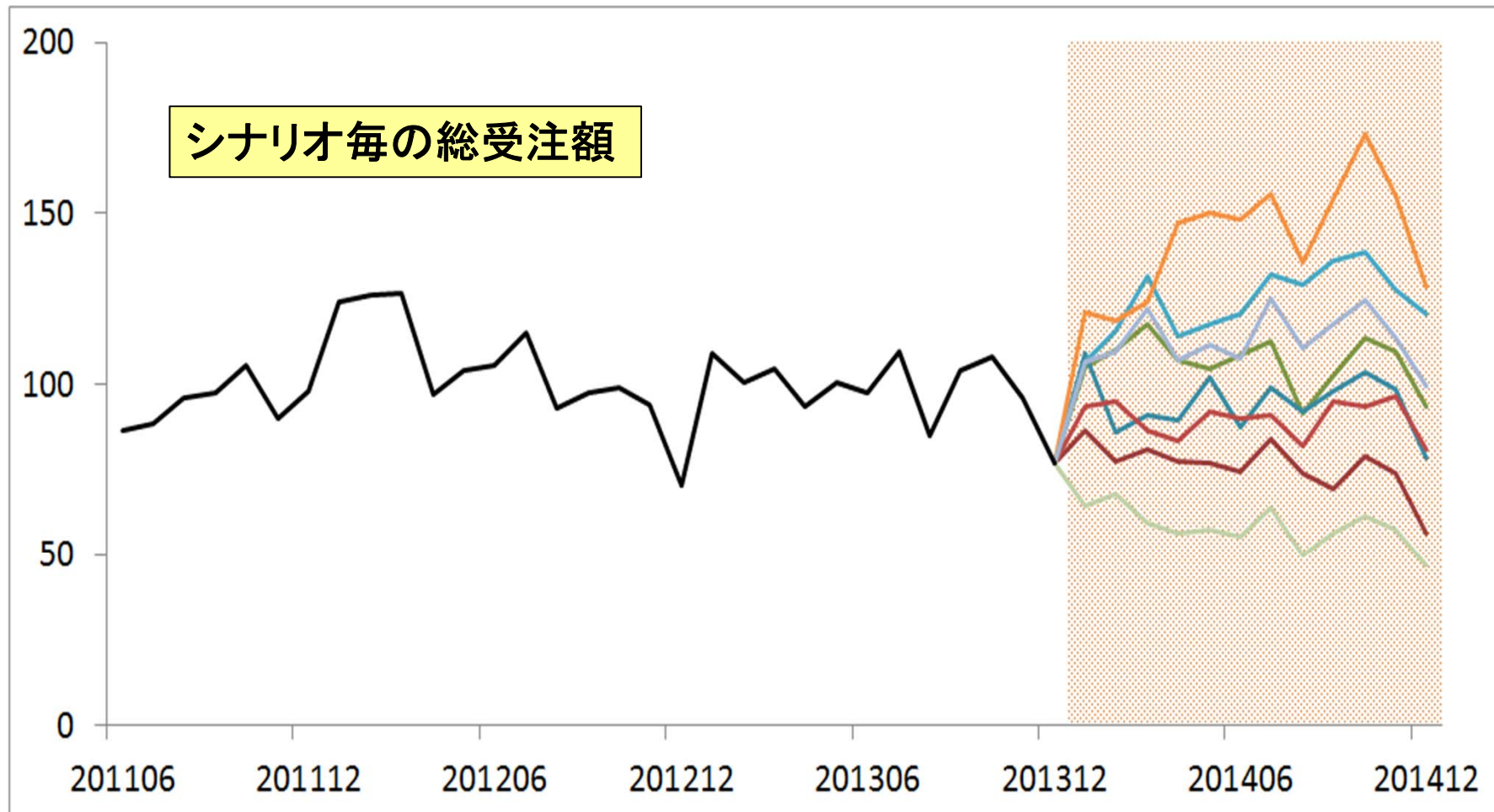
## ▶ ②α社

## ▶ ③(株)光機械製作所(HPより抜粋)

- ▶ 事業内容: 専用工作機械の設計・製造 レトロフィット/オーバーホール 切削工具の生産
- ▶ 主要取引先: 大手切削工具メーカー, 大手製鋼メーカー等

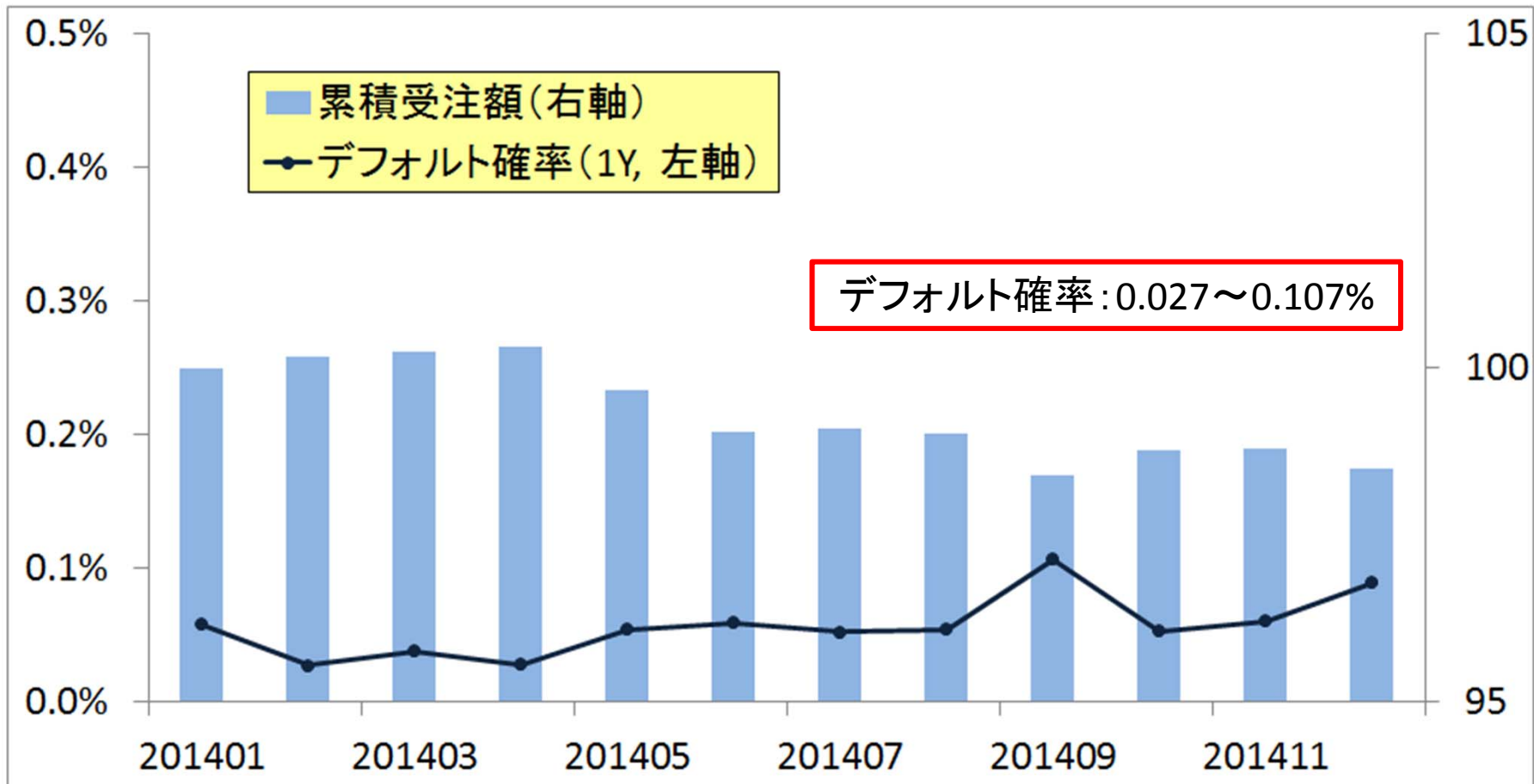
# 事例研究① 小島プレス工業(株)

## ～受注額のシミュレーション～



図：小島プレス工業(株)の総受注額の推移。2013年12月までが実績，2014年1月以降が予想である。縦軸は2013年12月までの総受注額平均を100としてスケールした。

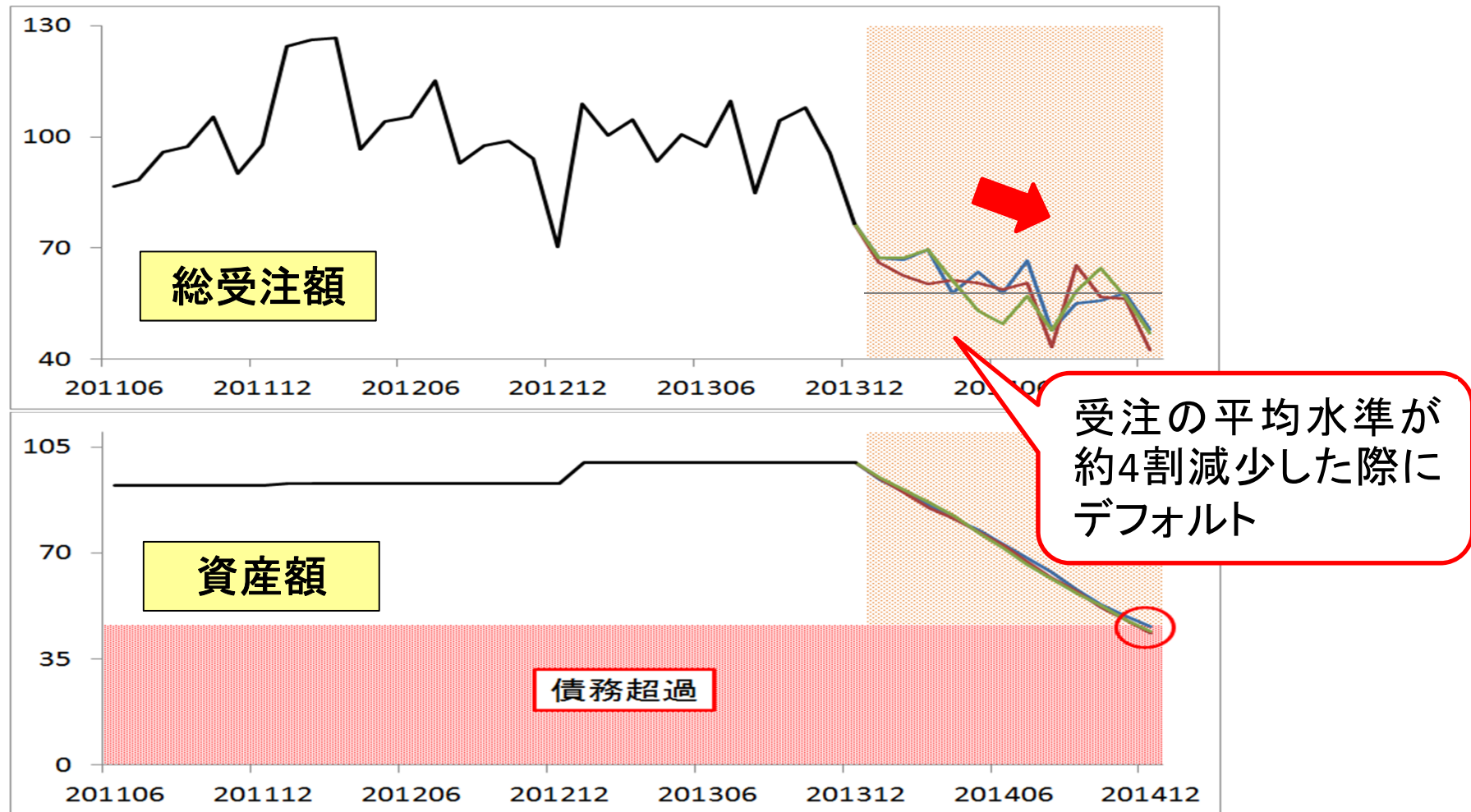
## ～評価結果～



図：小島プレス工業(株)のデフォルト確率(1年)および累積受注額の変化。実線(左軸)がモデルから算出したデフォルト確率，棒グラフ(右軸)は過去1年間(2014年1月時点であれば2013年1月～12月)の累積受注額(実績値)であり，累積受注額は2014年1月時点を100としてスケールリングした。



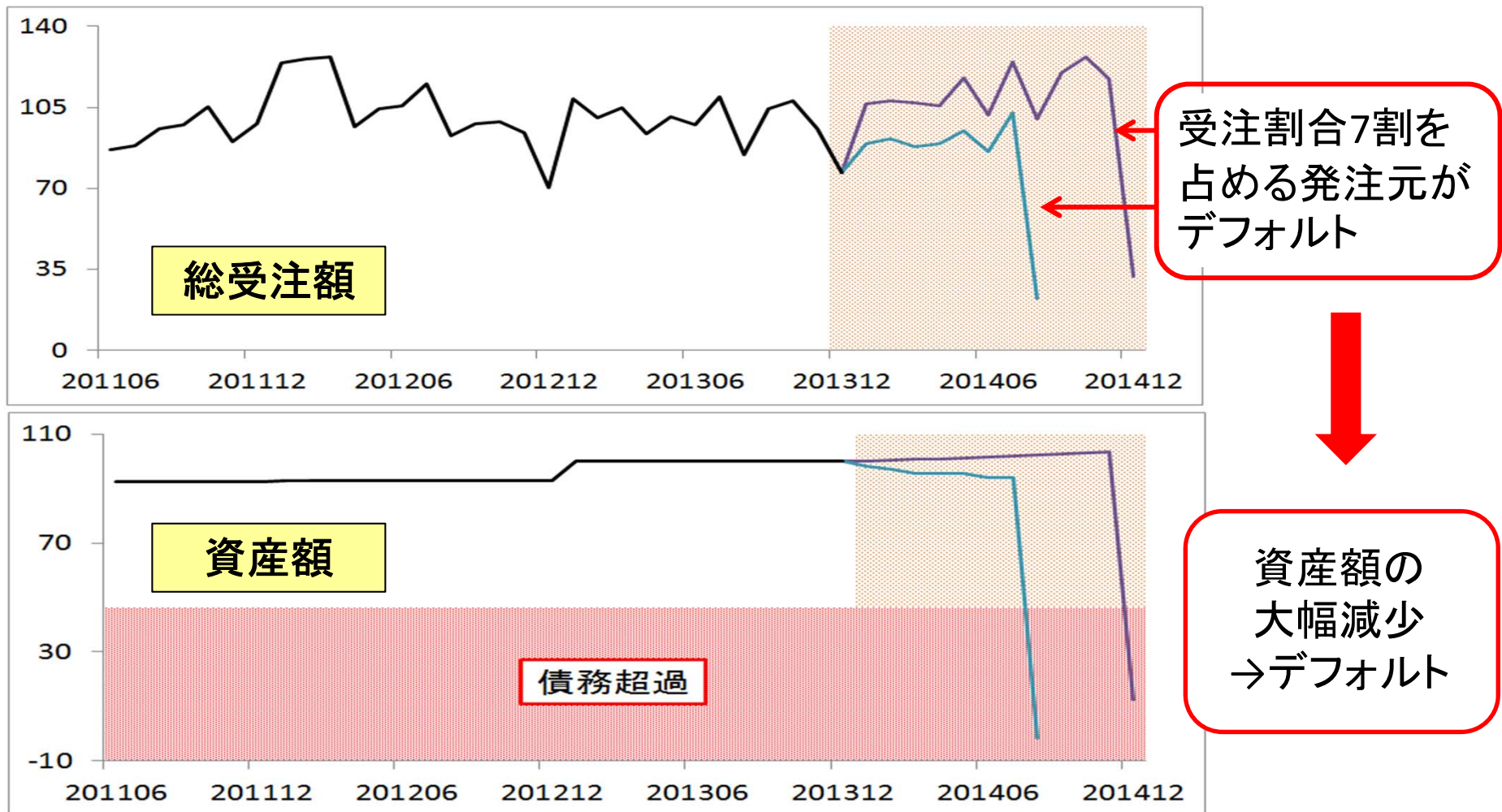
# ～デフォルト発生シナリオ①～



上図：総受注額. 2013年12月時点までの総受注額平均を100としてスケールした。

下図：資産額. 2013年12月時点の資産額を100としてスケールした。なお、2013年12月以前の資産額に関しては、期末の資産額が期初から1年間続いているとした。

# ～デフォルト発生シナリオ②～



上図: 総受注額. 2013年12月時点までの総受注額平均を100としてスケーリングした.

下図: 資産額. 2013年12月時点の資産額を100としてスケーリングした. なお, 2013年12月以前の資産額に関しては, 期末の資産額が期初から1年間続いているとした.



## ～ストレス分析～

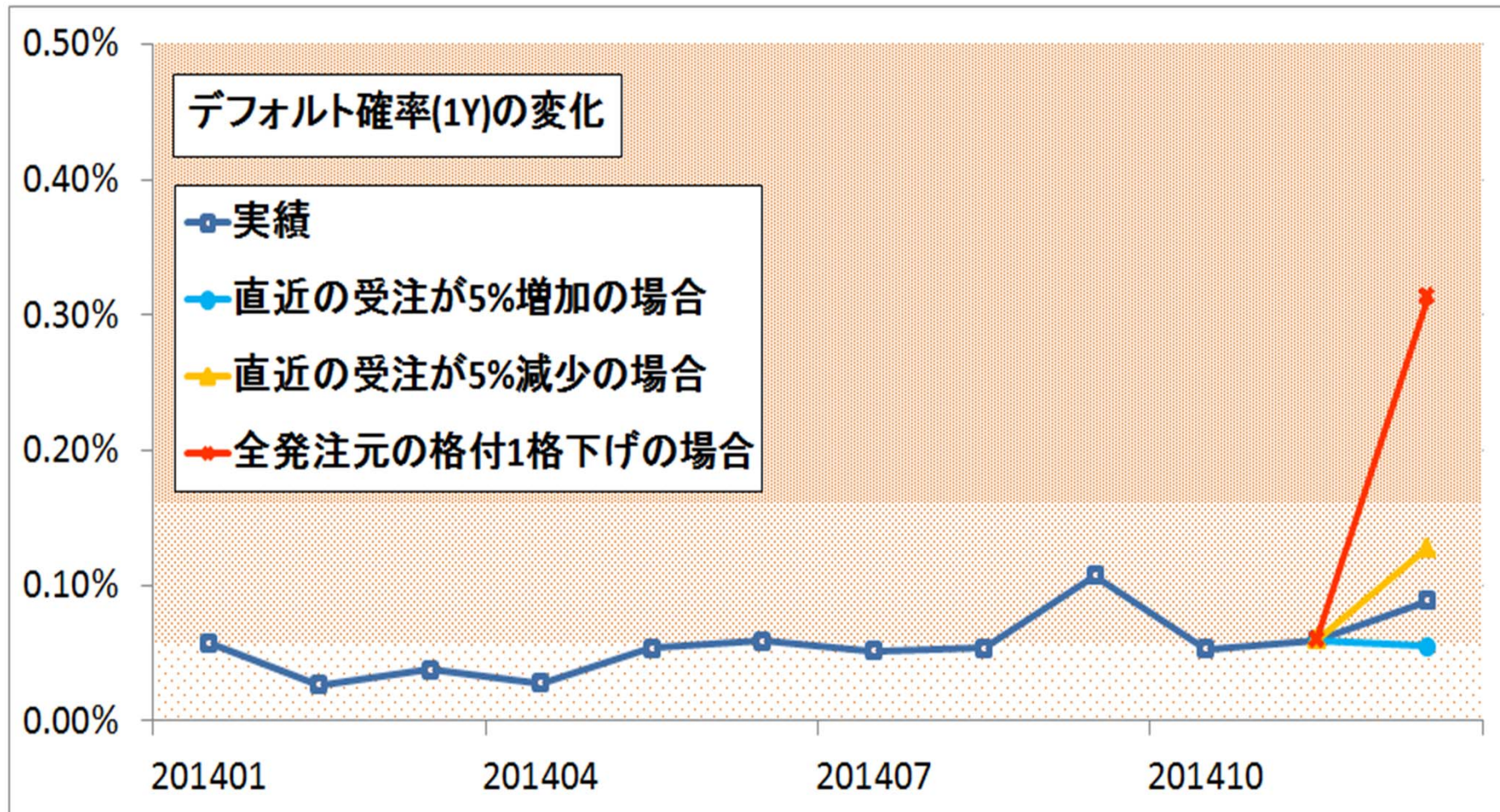


図: 仮想シナリオ下でのデフォルト確率(1年)の変化. 背景色の濃淡は, 格付の違いを表す(色が濃くなるほど, 格付は低くなる).

# 事例研究② α社

## ～評価結果～

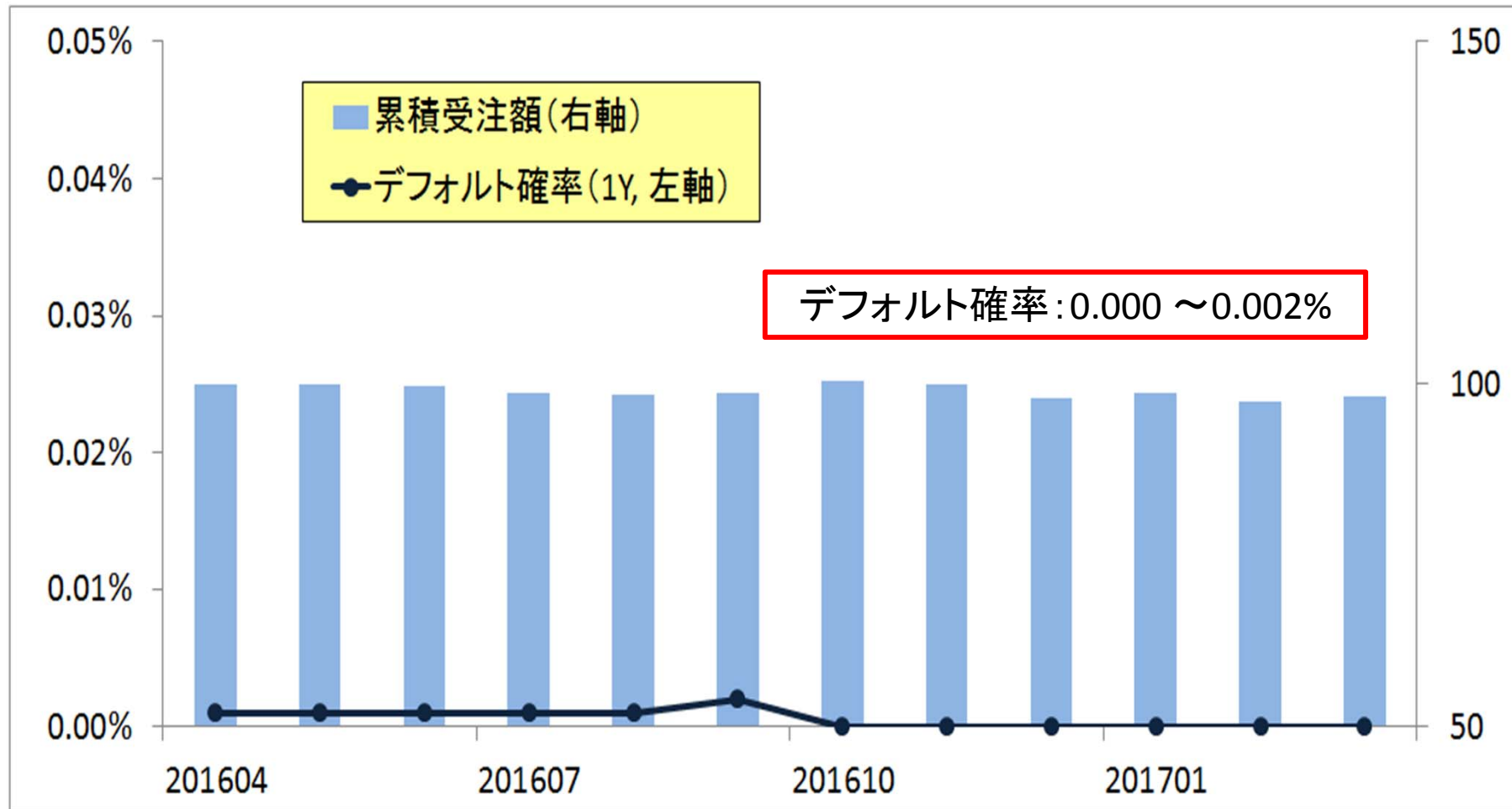


図:α社のデフォルト確率(1年)および累積受注額の変化. 実線(左軸)がモデルから算出したデフォルト確率, 棒グラフ(右軸)は過去1年間の累積受注額(実績値)であり, 2016年4月時点を100としてスケールした.

# ～仮想シナリオ～

ある発注元からの受注額が増えた場合

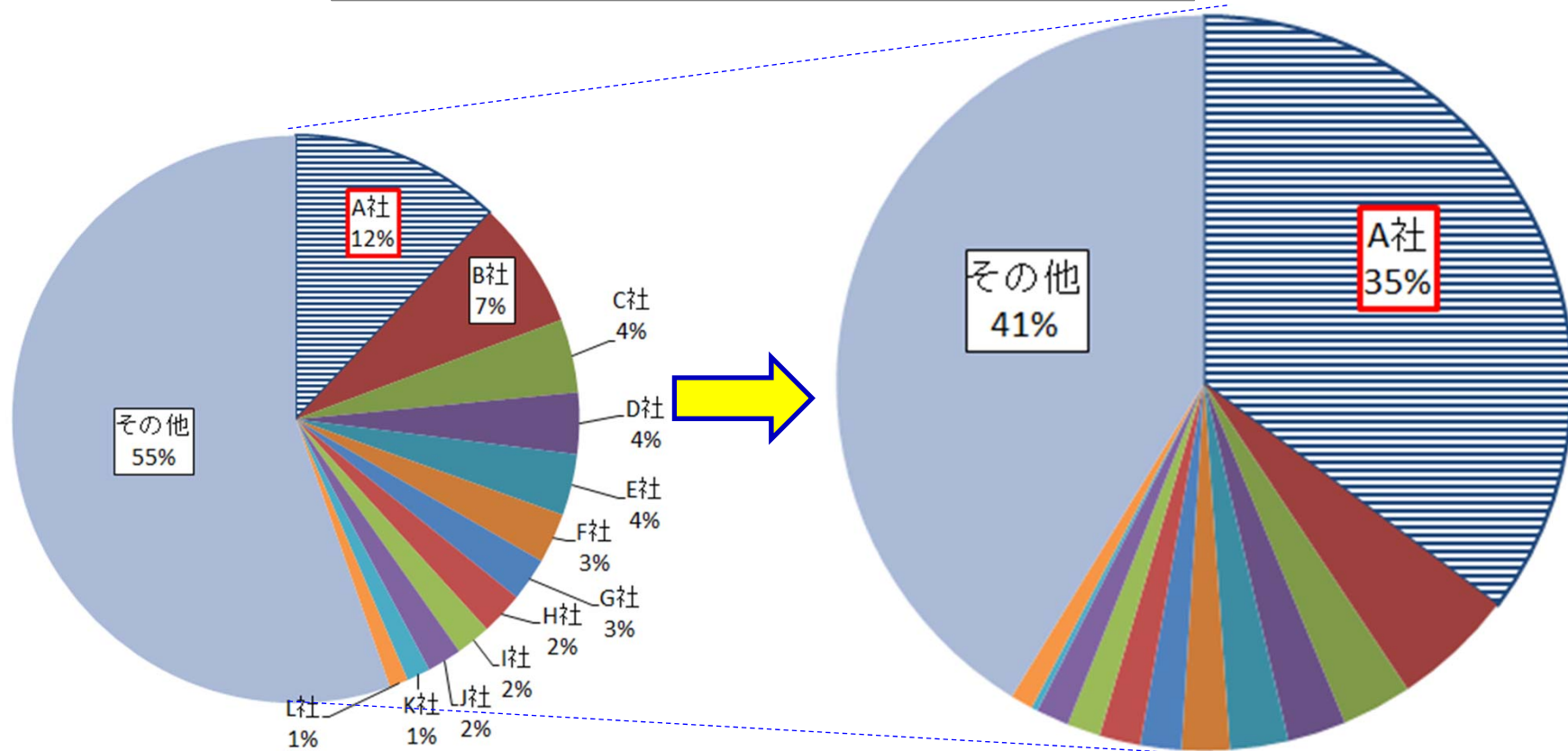


図: 2016年3月までの受注額上位12社および  
その他企業の総受注額に占める受注割合。

図: 2016年3月までのA社の受注額を4倍にした際  
の受注割合。

## ～仮想シナリオ～

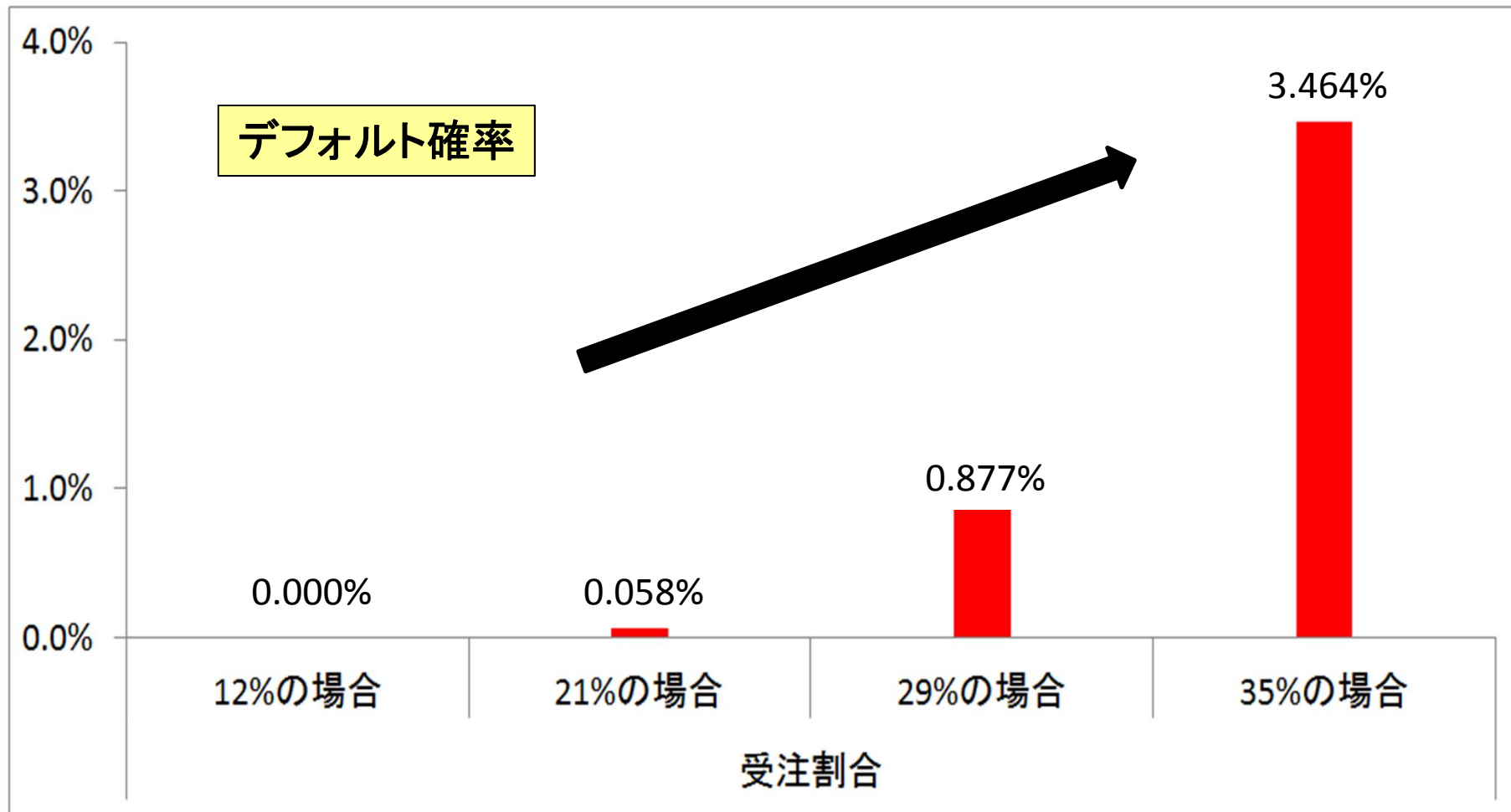


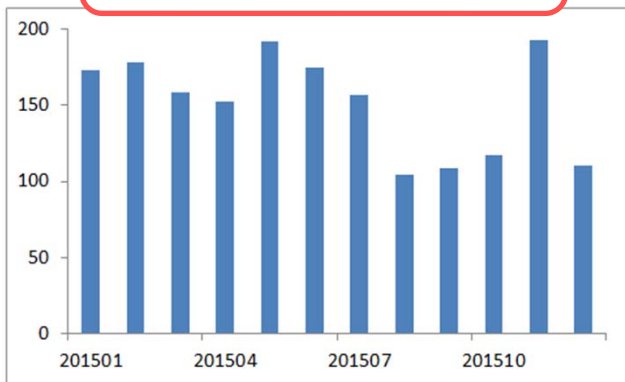
図:A社からの受注額を不変・2倍・3倍・4倍とし、かつ、A社がデフォルトした場合のα社の各デフォルト確率。

# 事例研究③ (株)光機械製作所

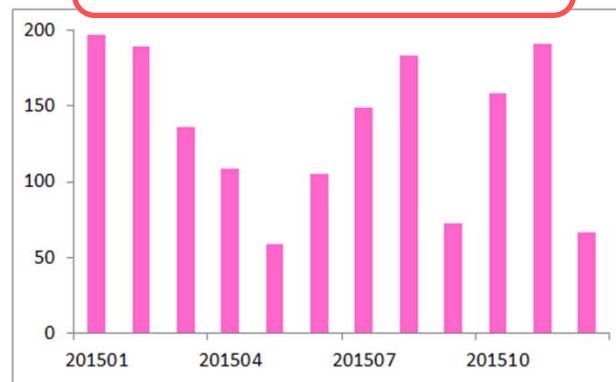


# ～受注イメージと受注割合～

切削工具全体の  
受注イメージ



工作機械全体の  
受注イメージ



発注元を個社別にみた場合

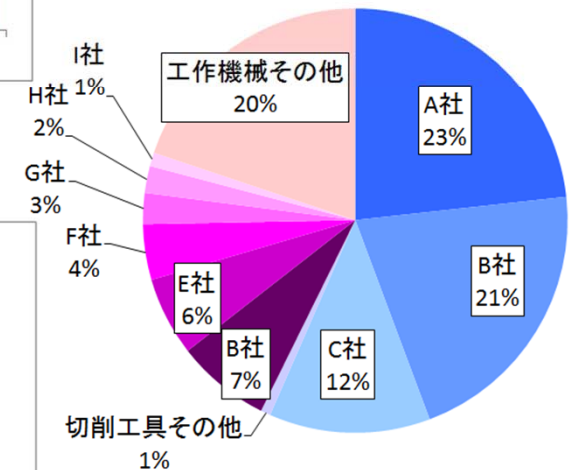
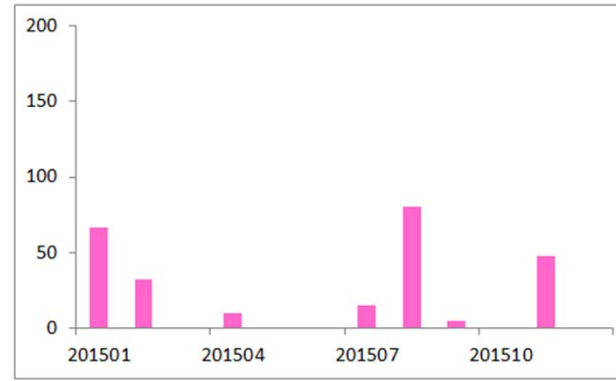
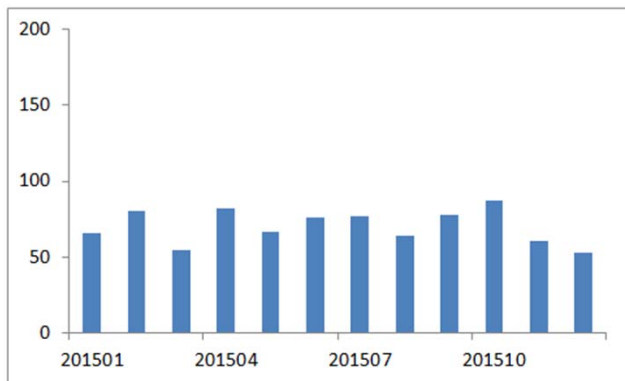
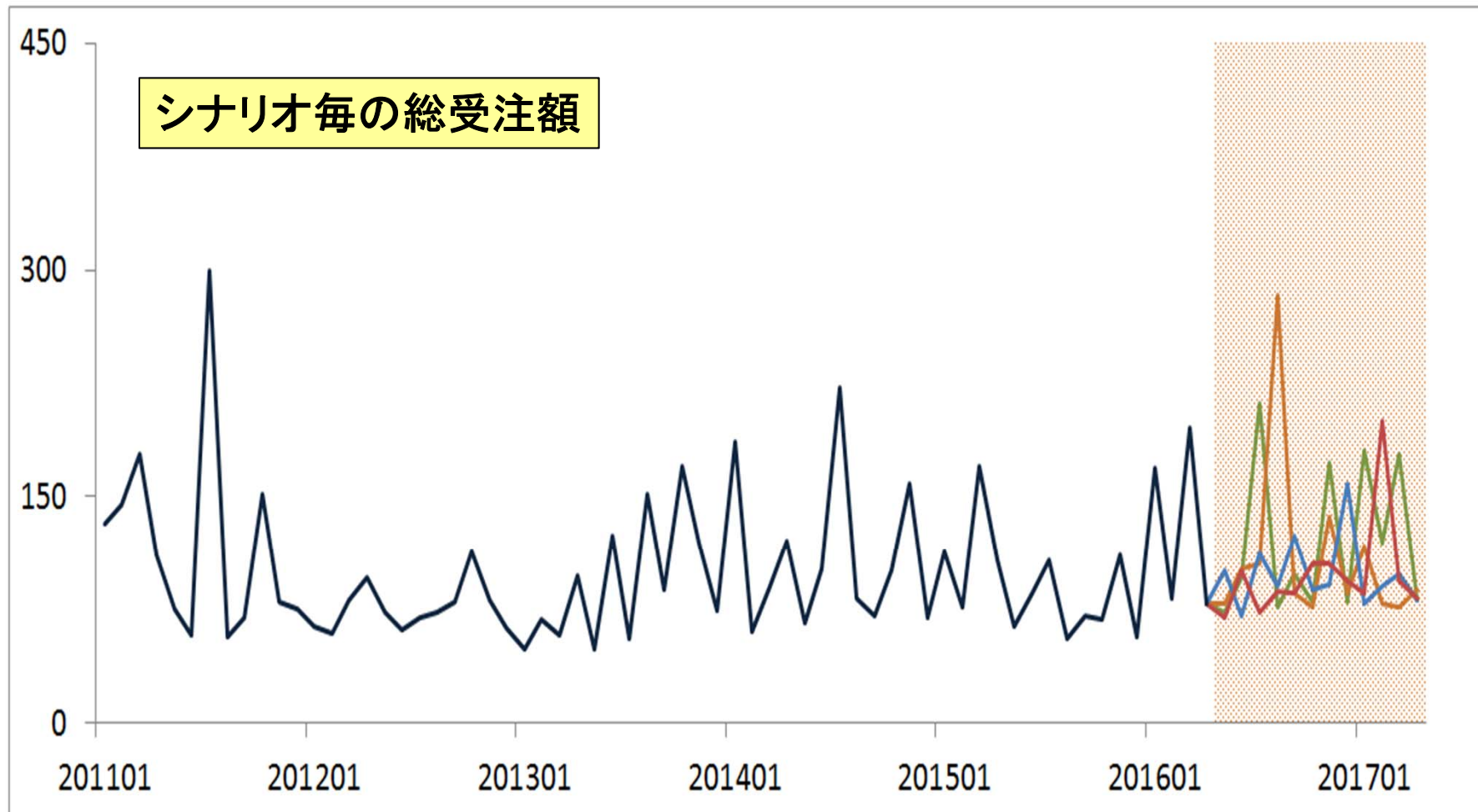


図:2016年4月までの、商品部門別受注額上位8社およびその他企業の総受注額に占める割合。青色系が切削工具、赤色系が工作機械を表す。

## ～受注額のシミュレーション～



図：(株)光機械製作所の総受注額の推移。2016年4月までが実績、2016年5月以降が予想である。縦軸は2016年4月までの総受注額平均を100としてスケールした。



# ～評価結果～

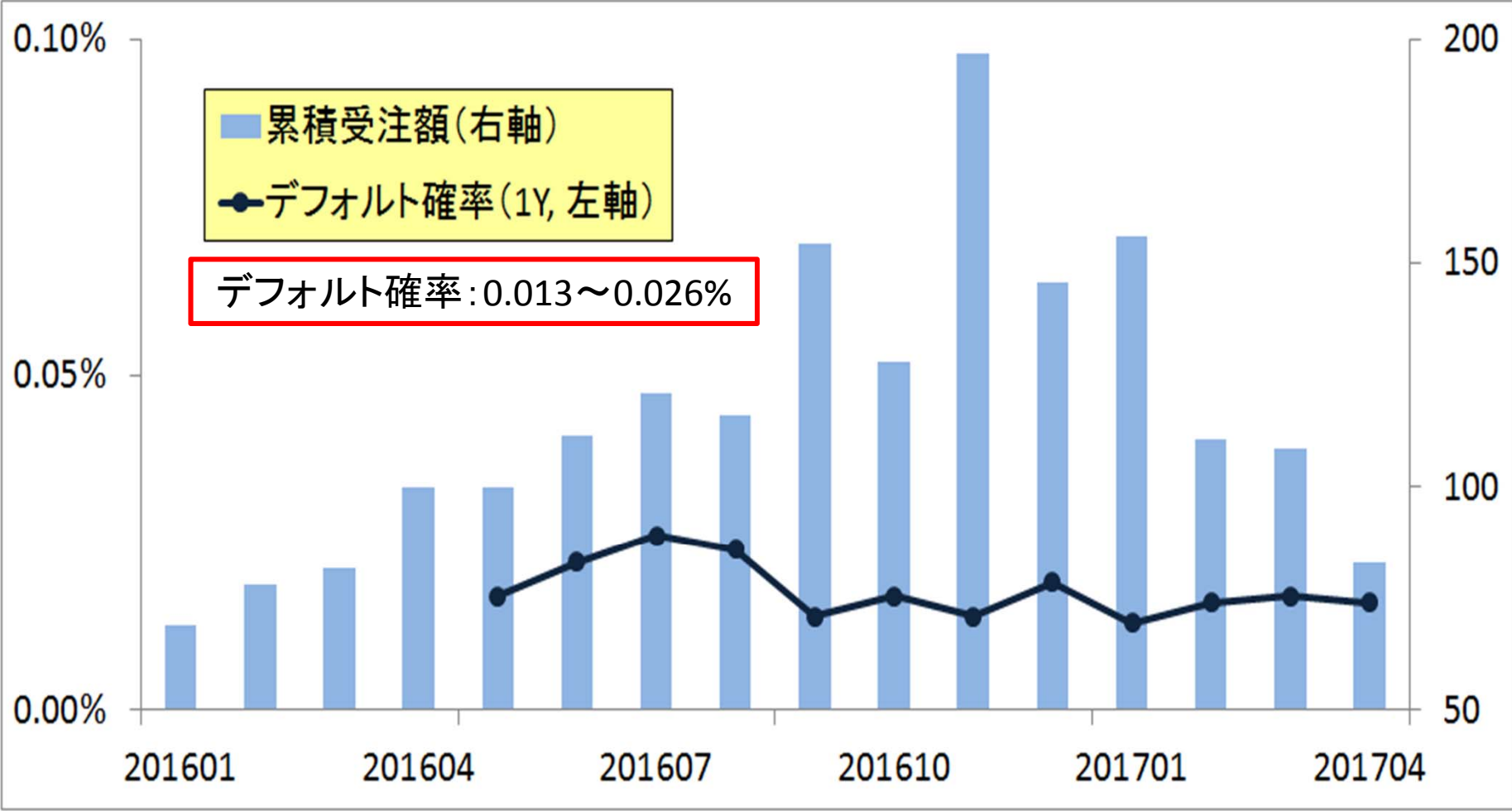


図:(株)光機械製作所のデフォルト確率(1年)および累積受注額の変化. 実線(左軸)がモデルから算出したデフォルト確率, 棒グラフ(右軸)は直近3ヶ月の累積受注額(実績値)であり, 2016年5月時点を100としてスケーリングした.

## ～デフォルト発生シナリオ～

・以下のシナリオ例のように、発注元が1年間のうちに同時にデフォルトするという極めて稀な状況でない限りは、(株)光機械製作所はデフォルトしない。

10万シナリオにおけるシナリオ番号	デフォルト要因
31404, 44324, 52588, 77289	取引先上位8社中全社デフォルト
10488, 98520	取引先上位8社中7社デフォルト
18754, 38621	取引先上位8社中7社デフォルト
8197	取引先上位8社中7社デフォルト
61110	取引先上位8社中7社デフォルト
35167	取引先上位8社中6社デフォルト
69402	取引先上位8社中6社デフォルト

(注)同じデフォルト社数であっても、デフォルトする取引先の組合せに応じて、分けて表記している。

## 実務に活用するうえでの留意点

- ▶ 受注情報だけで企業の全てを把握できるわけではない
    - ▶ モデルが必ずしも十分には考慮していない事由によるデフォルト確率の高まり
      - 世界同時不況
      - 自然災害
      - 発注元の不祥事
  
      - 過去にみられなかった営業外損失の発生
      - 特別損益の発生
- など

# まとめ

- ▶ 評価軸の1つとしての活用
  - ▶ 財務情報に基づいた評価と受注情報に基づいた評価の併用
    - 成長企業への運転資金の供給
    - 貸出先に対するモニタリングの強化
- 金融機関のメリット
  - より実態に則した企業評価
  - 新規貸出先の増加
  - 早期の経営支援
  - 評価システムから算出された資産価値→M&A等への活用
- 企業のメリット
  - 借入条件の向上
  - 財務的な蓄積のない企業による資金調達の可能性拡大
  - 金融機関による自社への理解度向上



# 補論



# モデルの枠組み(定式化)①

## ▶ 設定

▶ 発注元企業の集合:  $J = \{1, 2, \dots, I\}$

▶ 時間集合:  $\mathcal{T} = \{0, 1, 2, \dots, \infty\}$

## ▶ 0. 発注元 $i \in J$ からの受注時刻列を表す確率変数列

$H^i = \{h_0^i, h_1^i, \dots\}$ ,  $h_j^i \in \mathcal{T}$ : 発注元  $i$  からの  $j$  番目の受注時刻を表す確率変数

## ▶ 1. 発注元 $i$ からの受注額を表す確率過程

▶  $\{O_t^i\}_{t \in \mathcal{T}}$

□ ただし,  $t \notin H^i$  の場合,  $O_t^i = 0$  とする

## ▶ 2. 売上高

▶  $S_t = \sum_{i=1}^I (O_{t-m}^i 1_{\{t \leq T_i\} \cap \{t-m \in H^i\}}), \quad t \in \mathcal{T}$

▶  $m$ : 受注から売上認識までのラグ

▶  $T_i$ : 発注元  $i$  のデフォルト時刻

## モデルの枠組み(定式化)②

### ▶ 3. 営業損益(累積)

$$\text{▶ } P_t = \sum_{s=0}^t (S_s - C_s)$$

$$\text{▶ 営業費用: } C_t = f\left(\{O_{t-m}^i\}_{i \in I}\right)$$

$$\square C_t = a \sum_{i=1}^I (O_{t-m}^i 1_{\{t \leq T_i\}}) + b$$

### ▶ 4. 発注元デフォルト時の売掛未回収額

$$\text{▶ } U_t = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^g (O_{(t-m-j+1)}^i 1_{\{t \leq T_i\}})$$

▶  $g$ : 売上認識から売掛金回収までのラグ

### ▶ 5. 税引き前損益と純利益(累積)

$$\text{▶ 税引き前利益 } EBT_t = P_t + \bar{P}_t$$

▶  $\bar{P}_t$ : 営業外損益(累積)

$$\text{▶ 純利益 } E_t = (1 - G)EBT_t 1_{\{EBT_t > 0\}} + EBT_t 1_{\{EBT_t \leq 0\}}$$

▶  $G$ : 法人税率

## モデルの枠組み(定式化)③

### ▶ 6. 資産価値

#### ▶ 資産価値

$$V_t = \bar{V}_t + \bar{\bar{V}}_t + E_t - U_t$$

- ▶  $\bar{V}_t$ : 事業価値,  $\bar{\bar{V}}_t$ : 非事業用資産価値
- ▶  $E_t$ : 純利益,  $U_t$ : 売掛未回収額

### ▶ 7. デフォルト

- ▶ デフォルト時刻  $\tau = \inf\{s > 0 \mid S_t < 0\}$
- ▶ 純資産額:  $S_t = V_t - D_t$ ,  $D_t$ : 負債額



# モデル例：受注発生確率モデル

- ▶ 発注元*i*からの受注時刻列  $h_1^i < h_2^i < \dots$
- ▶ 受注が発生する確率をロジスティック回帰モデルで表現：

$$\text{毎月受注発生} : \Pr(t = h_j^i | h_{j-1}^i < t \leq h_j^i) = 1$$

$$\text{上記以外} : \Pr(t = h_j^i | h_{j-1}^i < t \leq h_j^i) = \frac{1}{1 + \exp\{-\alpha^i + \beta^i X_1^i\}}$$

- ▶ 説明変数を決めるにあたって、以下の変数候補に対し、AICによる変数選択を行った
  - $X_1^i$  : 過去1年間の受注回数
  - $X_2^i$  : 過去3ヶ月の受注回数
  - $X_3^i$  : 過去6ヶ月の受注回数
  - $X_4^i$  : 前月の受注発生の有無
  - $X_5^i$  : 受注発生月のスパン

# モデル例：受注額モデル

- ▶ 対数受注額前回差  $R_j^i = \log(O_{h_j^i}^i) - \log(O_{h_{j-1}^i}^i)$  を次のようにモデル化：

$$R_j^i = \alpha^i + \beta_1^i X_{1,j}^i + \beta_2^i X_{2,j}^i + \sigma_i \left( \rho_i W_j + \sqrt{1 - \rho_i^2} \epsilon_{i,j} \right),$$
$$W_j \sim N(0,1), \quad \epsilon_{i,j} \sim N(0,1)$$

- ▶  $X_{1,j}^i$  : 12回前の対数受注額前回差 ( $R_{j-12}^i$ )
- ▶  $X_{2,j}^i$  : 過去12回の対数受注額前回差の平均 ( $\frac{1}{12}(R_{j-1}^i + R_{j-2}^i + \dots + R_{j-12}^i)$ )
  - ▶ 説明変数を決めるにあたって、受注額データから生成できる複数の変数候補に対し、AICによる変数選択を行った
- ▶ 共通ファクター  $W_j$  を通して、発注元間の受注額の連動性を表現

---

分析例におけるモデル適合度：残差部分  $\rho_i W_j + \sqrt{1 - \rho_i^2} \epsilon_{i,j}$  の実現値に対する正規性の検定を実施。全発注元について、インサンプル・アウトオブサンプルともに1%有意水準で棄却されないことを確認。

# モデル例：発注元デフォルト

- ▶ 発注元のデフォルトをMerton型1ファクターモデルでモデル化

$$X_t^i = \rho_i \tilde{W}_t + \sqrt{1 - \rho_i^2} \tilde{\epsilon}_t^i, \quad \tilde{W}_t \sim N(0,1), \quad \tilde{\epsilon}_t^i \sim N(0,1)$$

$$PD_i(0, T) = Pr(X_t^i < Q_{i,T}) = \Phi(Q_{i,T})$$

発注元デフォルト状態

- ▶  $PD_i(t, T)$ : 時間区間 $[t, T]$ 間の取引先 $i$ のデフォルト確率
- ▶ 推定方法:
  - ファクター・ローディング $\rho_i$ を発注元の株価データから推定
  - 1. 月次の株価収益率の相関行列を計算
  - 2. ファクターローディングの積 $\rho_i \rho_j$ と銘柄 $i$ と $j$ の収益率相関 $\text{Cor}(i, j)$ の差の二乗和が最小になるようなファクターローディング値を探索
  - 発注元が非上場企業の場合は、業種別株価指数から推定
  - デフォルト境界 $Q_{i,T}$ は信用格付に相当する格付別実績デフォルト率を利用して推定

# モデル例：事業価値評価の実装

## ▶ 事業価値

$$\bar{V}_t = V_0 \times \frac{\tilde{V}_t}{\tilde{V}_0}$$

- ▶ 時価ベースの事業価値(営業利益の割引現在価値):

$$\tilde{V}_t = \sum_{s=t}^{\infty} \frac{E[\tilde{P}_s]}{(1+r)^{s-t}}$$

- 営業利益:  $\tilde{P}_t = S_t - \tilde{C}_t$ 
  - 営業費用:  $\tilde{C}_t = \tilde{f}(\{O_{t-g}^i\}_{i \in I})$ ,  $\tilde{f}: \mathbb{R}^I \mapsto \mathbb{R}$  コスト関数
    - ▶ 営業利益ベースの原価分解を利用して線形なコスト関数を同定
  - $r$ : 分析対象企業の加重平均資本コスト
    - 今回の分析ではCAPMに従い算出. 分析対象企業が非上場の場合, 業種平均アンレバードベータを算出し, 対象企業の資産額・負債額からベータを求めた. リスクフリーレートは10年物国債利回り. マーケットのリスクプレミアムは6%に設定
- ▶  $V_0$ : 時点0における簿価ベースの事業価値
  - BS上の資産簿価額から, 現金同等物や投資目的有価証券など営業利益を生まない項目の合計額を除外して与えた