

在庫管理と データサイエンス

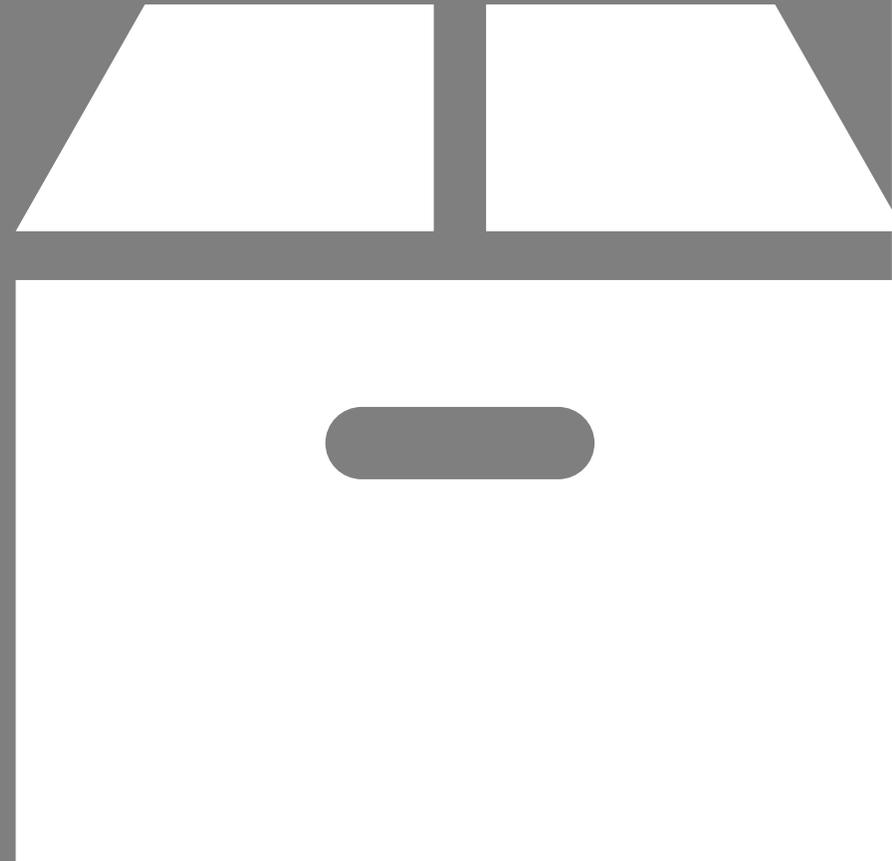
ビットクォーク株式会社

目次

第1部 在庫について

- 1-1 在庫とは何か
- 1-2 在庫の考え方
- 1-3 在庫がなくなると何が起きるのか
- 1-4 在庫の数え方
- 1-5 適正な在庫とは
- 1-6 まとめ

第1部 在庫について



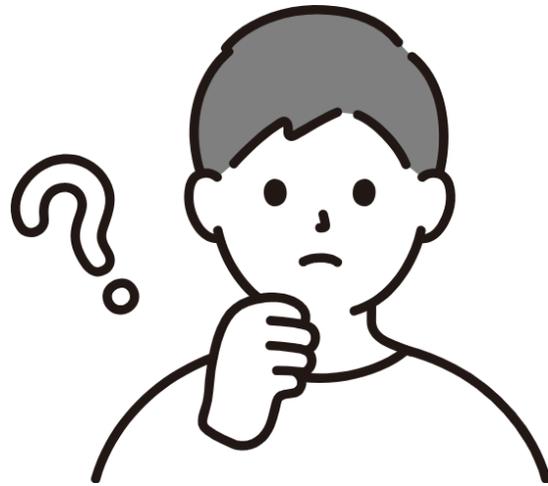
1-1 在庫とは何か

- 考えてみよう
- 身近なものの在庫
- 適正な在庫の数は？



考えてみよう

在庫とは
なんだろう？



トイレット
ペーパー

と

唐辛子

最初に2つの身近な例から考えてみよう

身近なものの在庫

在庫がなくなったら
どうなるんだろう？

いつも使いたいものは
買いためればいいのか？

僕は絶対に唐辛子欲しいなあ！
でも、いくつ買えばいいんだろう？

トイレットペーパーは
とても困るけど、唐辛子は
特には困らないんじゃない

なるほど！でも、唐辛子は
買いためなくてもいいんじゃない？
トイレットペーパーと比べて使わないし



適正な在庫の数は？

- 適正な在庫の数とは？
- 明確な回答はない（≡前提条件次第）
例えば、トイレットペーパーに対しては以下のような選択が存在
 - ▶ 家にスペースがある限りトイレットペーパーを買いためる
 - ▶ 残り少なくなったら買いに行く
 - ▶ 近所のスーパーで値段が安かったら買う など
- この中からどの方法を選択して、どれだけの在庫を持つのが最適な状態か？
→結局はあなたが最適だと思う状態が最適
- 同様に工場や倉庫の在庫も明確な正解はなく、在庫の数を決める意思決定（経営判断）が行われる
- 本日は在庫についてどのような要因があり、何が根拠になって、意思決定が行われるのかについて、“例”を解説

1-2 在庫の考え方

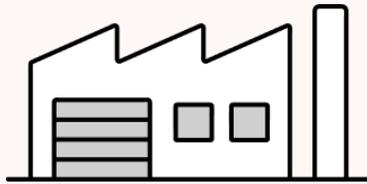
- 立場による違い
- サービスとしての在庫
- 資産としての在庫

立場による違い

在庫として一番イメージしやすいのは小売店の在庫

トイレットペーパーを例にとって、作っている工場、売っている小売店、消費者に分けて考えると考え方には違いがある

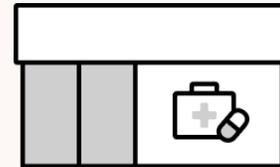
工場



- 原料の在庫と製品の在庫を分けて考えないとけない
- 原料
 - 無くなる前に補充
 - 過剰に持ちたくない
- 製品
 - なるべく一度に多く安く作りたい

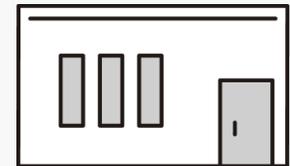
小売

(ドラッグストア)



- 無くなる前に補充
- 過剰に持ちたくない
- 売れ行き商品を取り揃える

消費者



- なくなったら買う
- 安かったら買う
- スペースがあるから買う

※今回は
消費者の話は触れない

サービスとしての在庫

顧客サービスの 向上

顧客の注文や要求に
対して迅速に対応が可能

需要の不確実性 への対応

需要が予想外の急増を
した場合にも、在庫が
あれば即座に対応可能

供給中断時の リスクの軽減

事故や天候による輸送の
遅延や仕入れ品の生産
遅延などへのリスク耐性
を高めることが可能

資産としての在庫

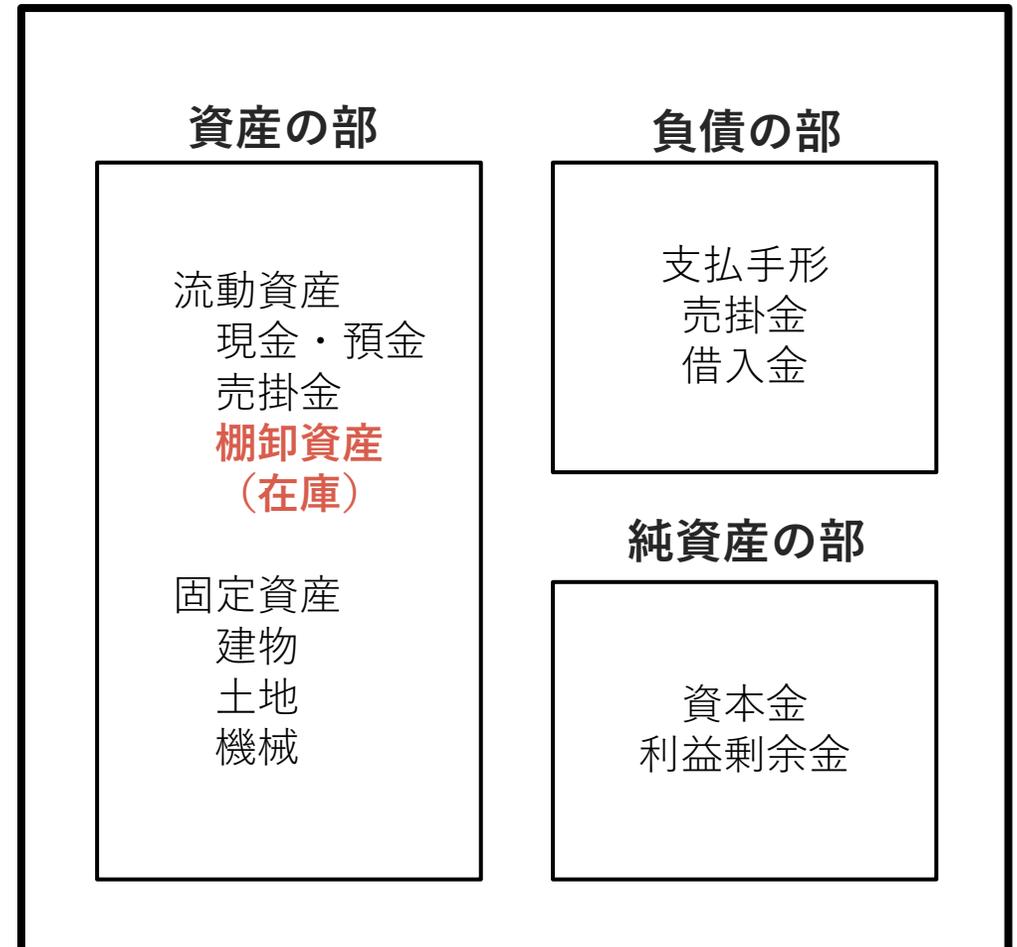
会計（貸借対照表）では在庫は資産として取り扱われる

- 現金で在庫を買ったら資産として会社に残る
- 在庫の資産価値は企業の財務状況を示す内部留保の一部
- 在庫の即現金化は難しい場合があり、CF（キャッシュフロー）に影響

在庫価値の評価の方法

- 購入原価法や定価法で評価（値付け）
- 一般的に期末時点の価格で価値を計算
- 時間が経ち古くなったり、破損すると価値が劣化

貸借対照表



1-3 在庫がなくなると 何が起きるのか

- 在庫が切れると何が起きるのか？
- 在庫を切れる時とはどういう時か
- 在庫を大量保有する場合のデメリット

在庫が切れると何が起きるのか？

お店や企業にとって経営危機を招きかねないリスク



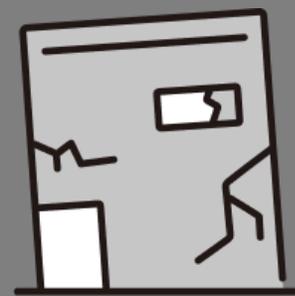
販売機会の損失

お客がいるのに
売る商品がない！



顧客からの
信頼の損失

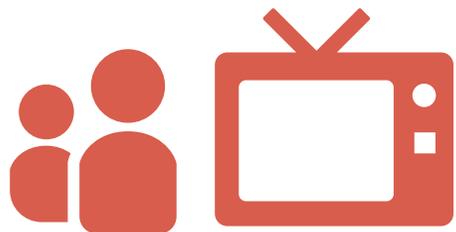
品揃えの良い他の店に
お客を取られてしまう



経営危機

在庫を切れる時とはどういう時か

普段よりお客が多く
販売数が多かった時



要因

テレビなどで取り上げられて
需要が増加

輸送が遅れた時



要因

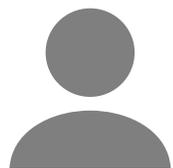
事故などで輸送が遅延

倉庫が壊れた時



要因

天変地異



大量に在庫を抱えておけば、回避できるのでは？

在庫の大量保有にはデメリットが存在

在庫を大量保有する場合のデメリット

保管や管理 のコスト

倉庫は借りる時代。数が増えると面積が広くなり賃料が多く必要。自社倉庫だとしても容量を圧迫

使用期限 消費期限

消費期限や賞味期限がある場合、販売出来ないものは破棄するか安値で売る必要

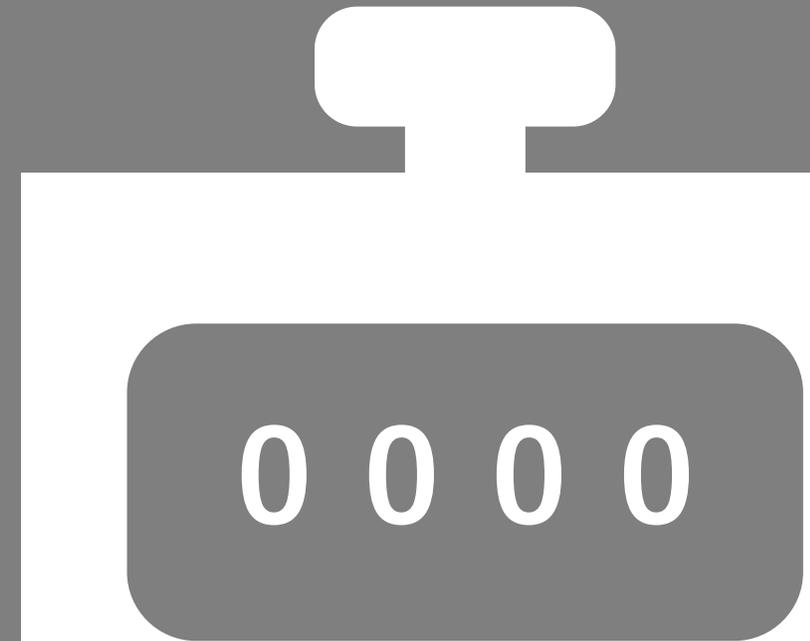
キャッシュ フローの悪化

帳簿上は資産であるものの即換金できず、現金として使えない（内部留保）

**適正な在庫を持つ必要
どのように適正な在庫を決めていくのかを具体的に解説**

1-4 在庫の数え方

- 在庫の数え方
- 技術による省力化



在庫の数え方

入出庫時の計数と在庫確認（棚卸し）での計数

- 在庫は資産なので、会計上の観点からも数える（カウントする）必要
- 入出庫は管理しやすいが、在庫確認は非常に大変で、倉庫の抱えている大きな課題の1つ

実際にどうやって数えているのか？

- 大人数で手作業でのカウントと紙での管理（今現在でも一般的な方法）
- 主な方法はリスト式とタグ式

	リスト式	タグ式
概要	倉庫内（あるいはエリア内）の在庫情報をリストにしておき、リストに実数を記入	棚などにタグをつけて担当がカウント数を記入し、後ほど回収
メリット	カウントして実数を記入するだけで良い	漏れや重複カウントが起こりにくい
デメリット	在庫が倉庫のあちこちに散在していたり、複数人が同時に行うと漏れや重複カウントの可能性	タグをつけるのに手間が必要だったりタグの回収忘れの可能性

技術による省力化

バーコードやQRコードと Warehouse Management System (WMS) の連携



(株) デンソーウェーブHP

画像認識



商品棚部分を抽出し歪みを補正

日本電気 (NEC) (株) HP

RFID Radio Frequency Identification



日本電気 (NEC) (株) HP

概要

バーコードやQRコードを貼り付け、WMSに連動したハンディで読み取り

撮影した画像から画像認識技術でカウント

情報を入れたマイクロチップを商品タグに取り付け、無線通信で読み取り

メリット

入力ミス、転記ミス、カウントミスなどが減る

撮影できる範囲では自動でカウント可能

ハンディで多くのチップを一括でカウント可能

デメリット

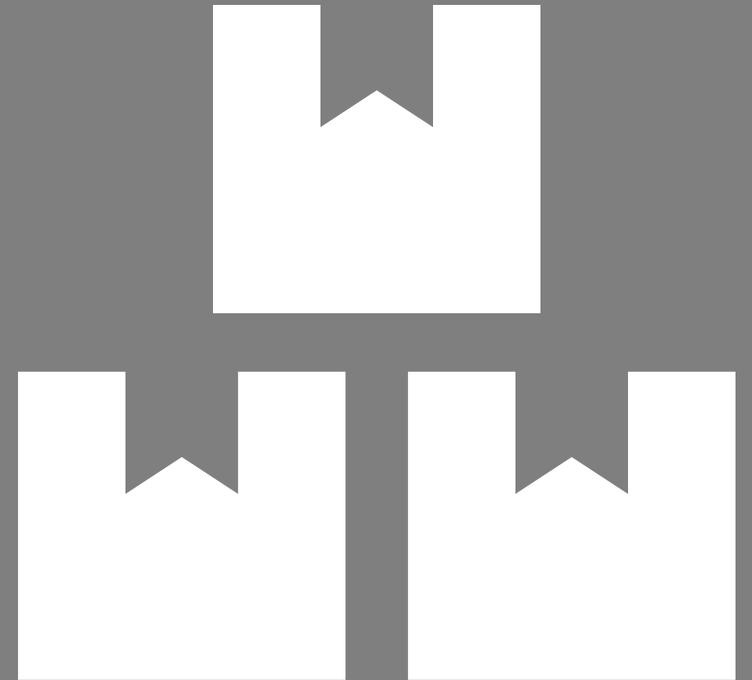
手での読み取り作業が残る

画像に映らない部分は手作業

高いコスト (1枚10円～)

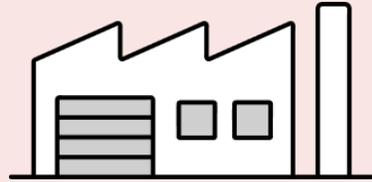
1-5 適正な在庫とは

- 工場の適正な在庫を決める要素
- 小売の適正な在庫を決める要素
- 安全在庫



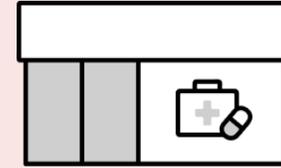
適正な在庫とは？（再掲）

工場



- 原料の在庫と製品の在庫を分けて考えないとけない
- 原料
 - 無くなる前に補充
 - 過剰に持ちたくない
- 製品
 - なるべく一度に多く安く作りたい

小売（ドラッグストア）



- 無くなる前に補充
- 過剰に持ちたくない
- 売れ行き商品を取り揃える

工場や小売は定常的に在庫を持っているが、適正な在庫の数とはどうやって決めているのか？在庫を決める要素について詳しく解説していく

工場の適正な 在庫を決める要素

適正な在庫の決め方

01 需要予測型

決め方

未来の需要を予測

例

エアコン工場

02 在庫補充型

ある程度の在庫を
持っておき、使ったら補充

食品工場

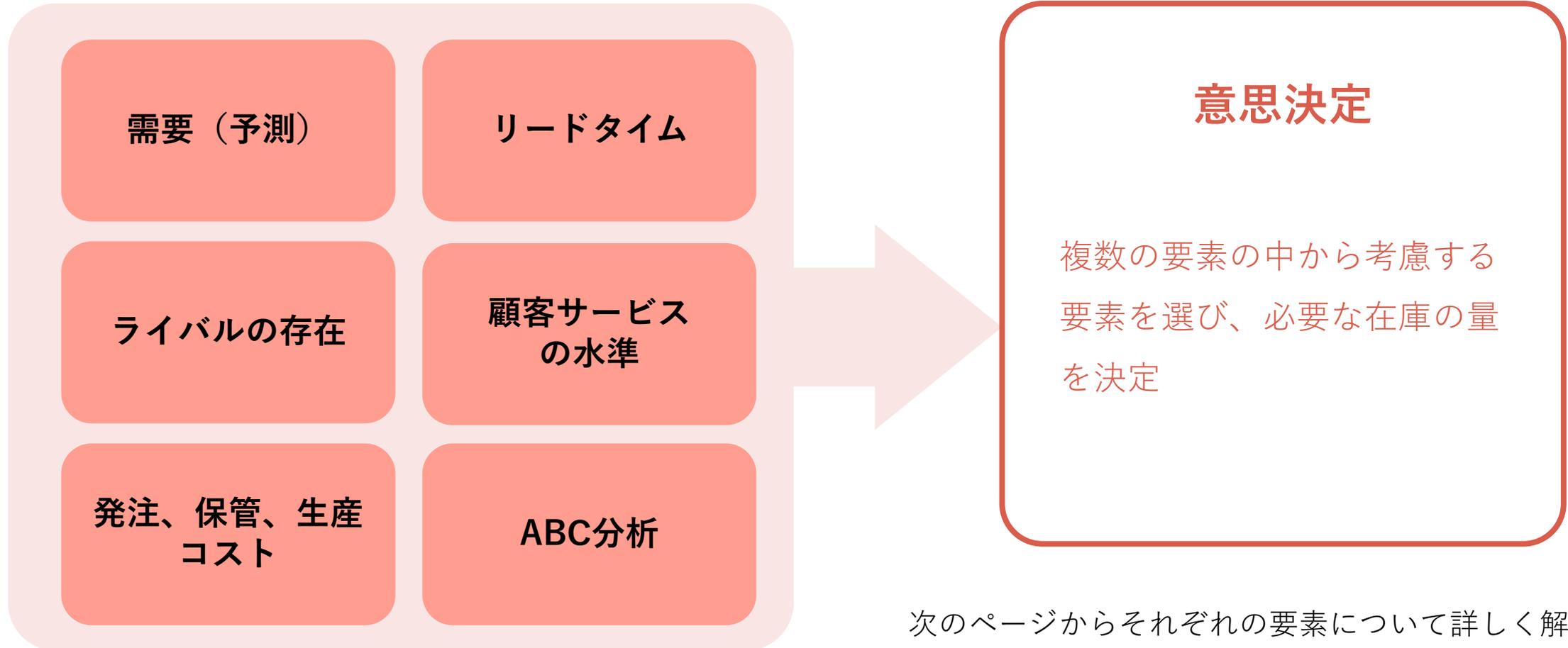
03 受注生産型

発注や内示を
受けた時点で手配

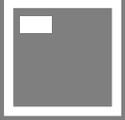
オーダーメイドの
スーツ工房

適正な在庫を決める要素（工場）

在庫水準を決める要素の例

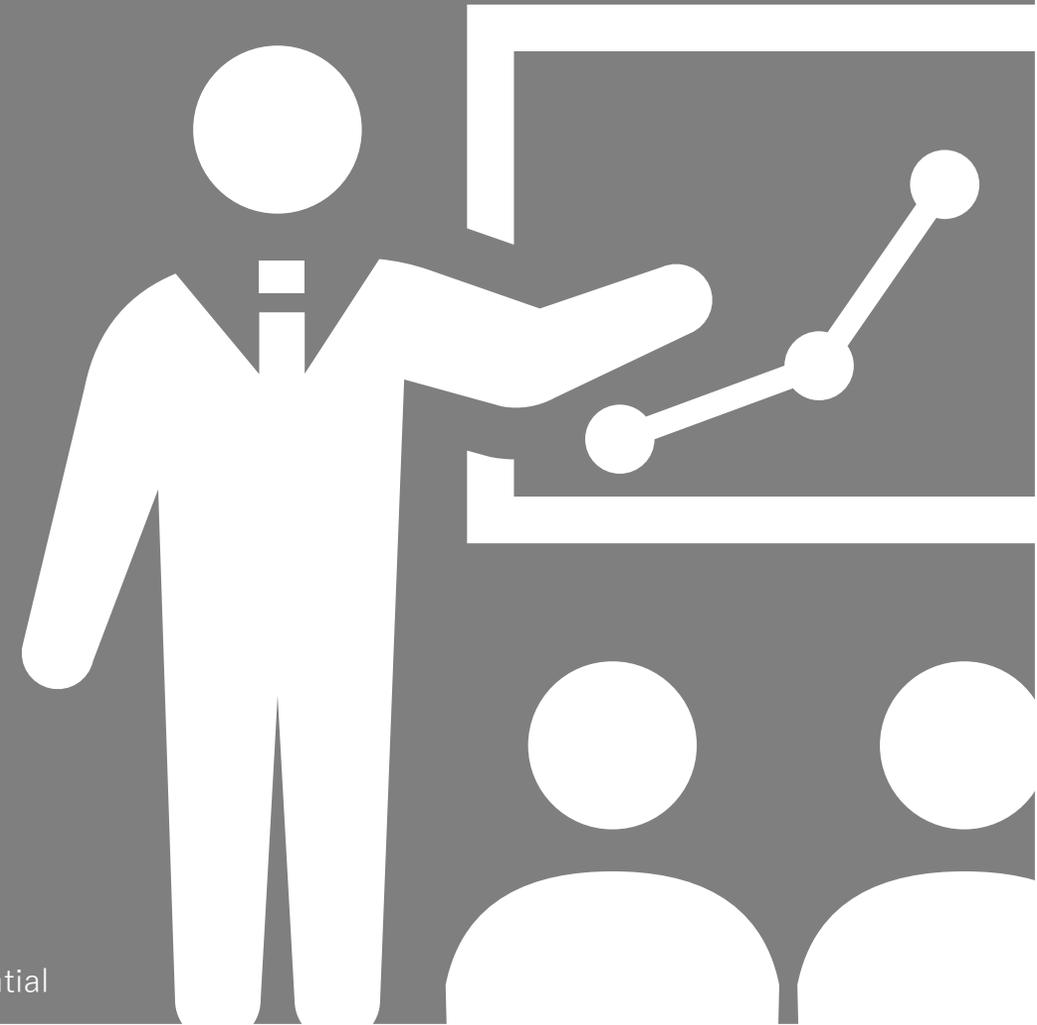


次のページからそれぞれの要素について詳しく解説



① 需要予測

- 需要予測の概要
- 過去のデータを使った予測
- データの外挿方法の代表例
- 現実には
- 予測の例
- 分析の流れと予想の例
- 予測をどこまでするのか？
- 予測結果の評価



需要予測の概要

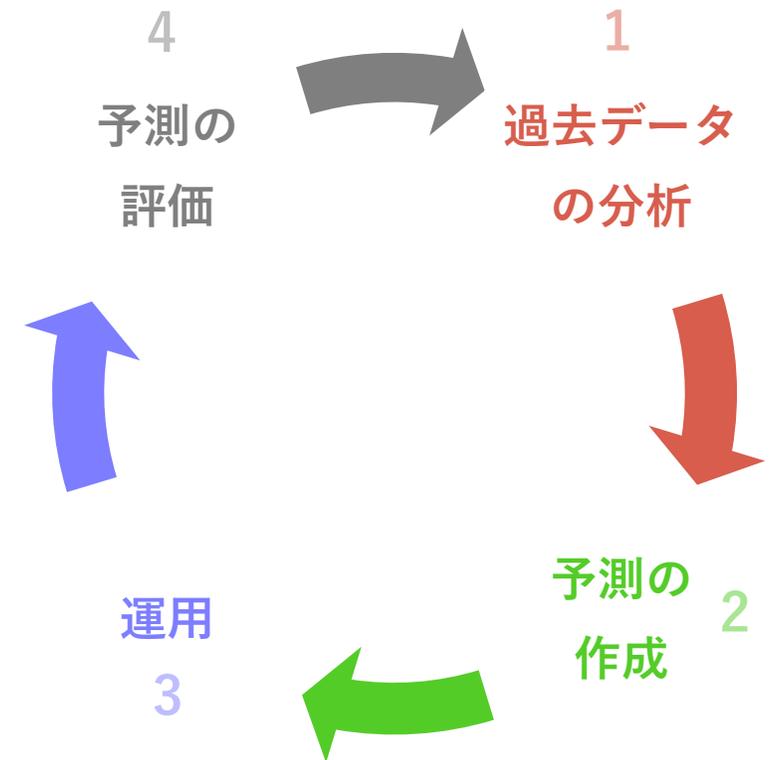
未来にどれだけの需要があるかはわからないので予測が必要

過去データを使う場合

- 周期性がない場合
- 周期性がある場合
- 周期ではない傾向がある場合

過去データを使った予測は右のようなサイクルになる

- 1 : 過去データの分析
- 2 : 予測の作成、複数の予測手法を用意
- 3 : 予測に基づいて在庫を仕入れ運用
- 4 : 予測結果を評価
- 5 : 1に戻り、4を元に予測手法を修正してサイクルを繰り返す



過去データを使った予測

過去データから需要を予測する手法

(どちらかといえば分かりやすい周期性がない場合に使う)

単純移動平均法

- N日区間を設定して需要の平均をとる
- 細かなパターンを無視して大きな傾向だけ残す方法

指数平滑法

- 過去のデータと予測のどちらを重視するか
の係数(重み)を設定する
- データと予測値を組み合わせて情報を補正しながら
未来の予測をする方法

他にも様々な手法が存在

実運用

複数の予測手法を併用する

例えば、
指数平滑法、
7日間移動平均、
14日間移動平均、
30日間移動平均の4通りを用意

データの外挿方法の代表例：単純移動平均法と指数平滑法

移動平均法

- 過去データの平均を翌日の予測値とする方法
- 例) 直近5日間のデータを使って、6日目（翌日）のデータを予測

$$\text{翌日の売上予測} = \frac{(\text{今日の売上} + 1\text{日前の売上} + 2\text{日前の売上} + 3\text{日前の売上} + 4\text{日前の売上})}{5}$$

指数平滑法

- 過去の予測値と実際のデータ値を用いて、将来の需要予測を割り出す方法

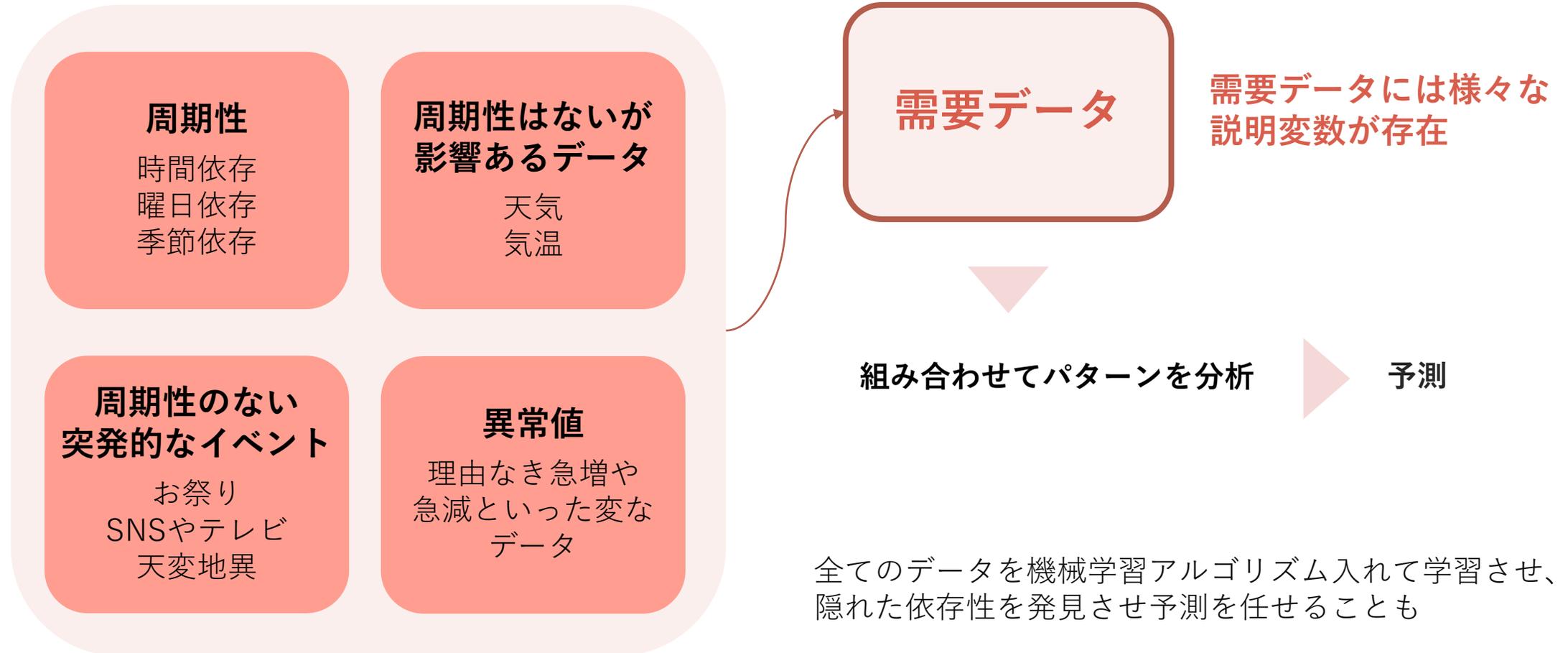
$$\text{翌日の売上予測} = \alpha \times \text{今日の売上実績} + (1 - \alpha) \times (\text{昨日行った}) \text{今日の売上予測}$$

α : 平滑化定数 $0 < \alpha < 1$

- 過去の予測データが明日の予測へ反映される
- 今日から始める時には、過去のデータがないので売上予測を移動平均で行うことが多い
- α の値で、データと予想のどちらを重視するかを決める。 α が小さいほど過去の予測を重視

現実には

需要へ影響する色々な説明変数（データ）



予測の例

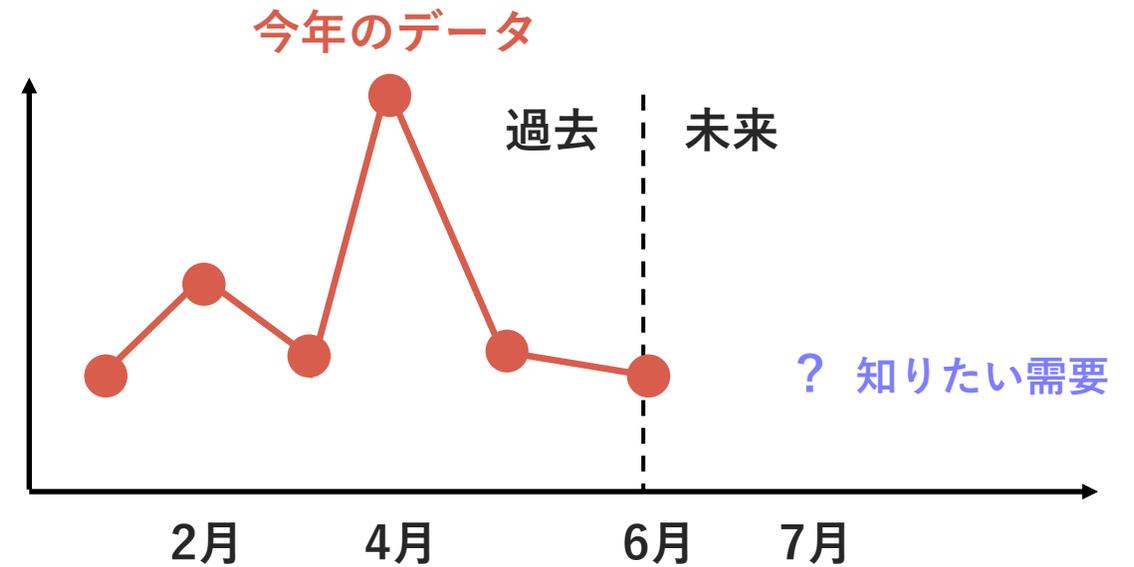
実際に（確実に）得られるデータは右のような売上実績データ

やりたいこと

- 今年の7月の需要を予測

予測の前に周期性や周期のない傾向を見るための処理

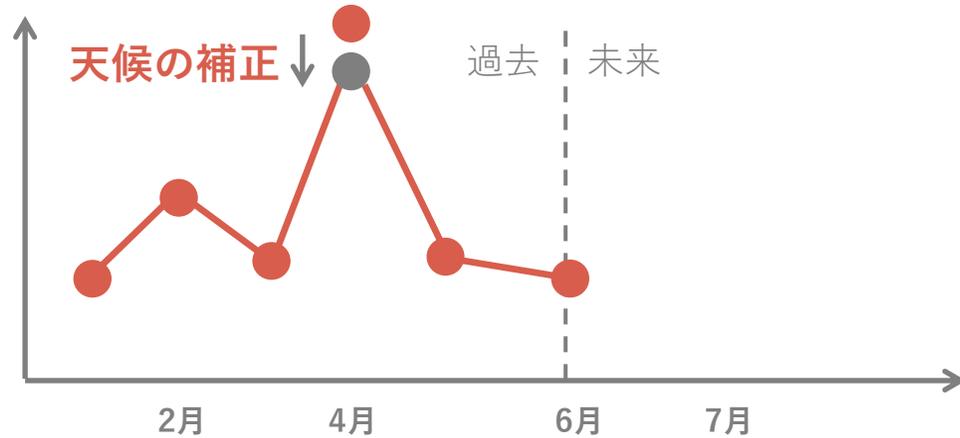
- 天候の考慮
- 突発イベントに依存したデータの排除
- 統計的な修正
- 月や曜日への依存性の抽出（パターン）



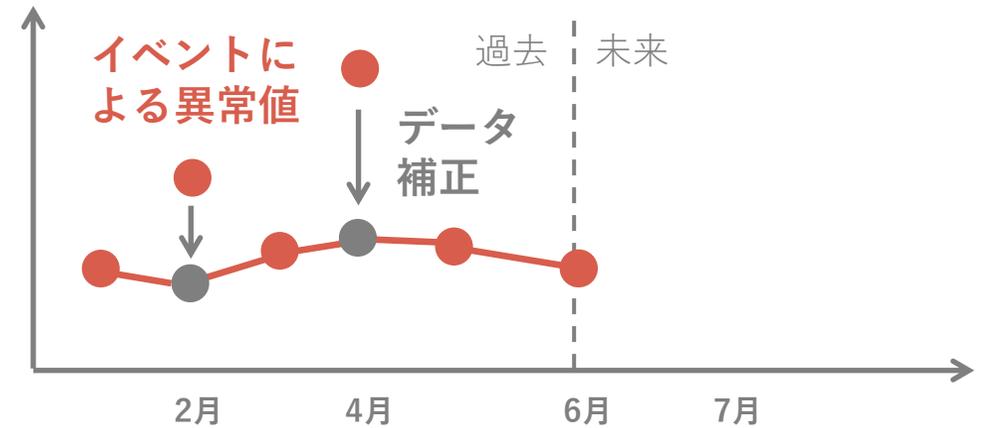
段階的にデータを処理してから予測（次ページ）

分析の流れと予想の例

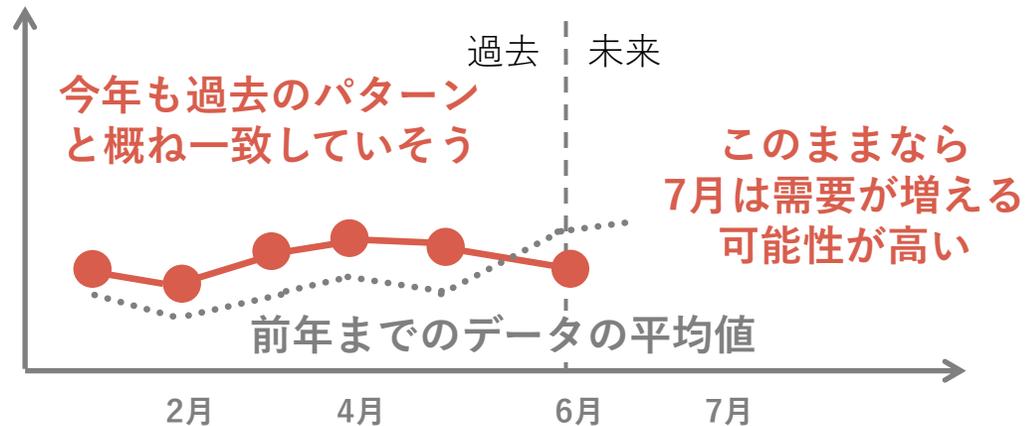
1 天候データとの違いを見て補正する
(○月は平年より雨が少なかったなど)



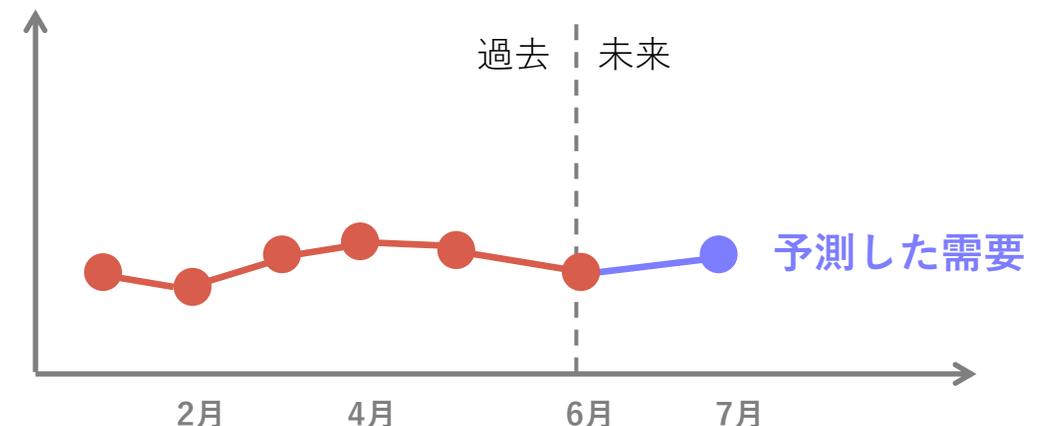
2 突発的なイベントの有無による異常値を補正する



3 過去10年分のデータと比較する



4 予測する→意思決定をする



予測をどこまでするのか？

どこまで頑張って予測を行うか、どこまで要素を考慮するかも意思決定

理由

手間をかけても
正確な予測になるとは限らない
(未来は誰もわからない)

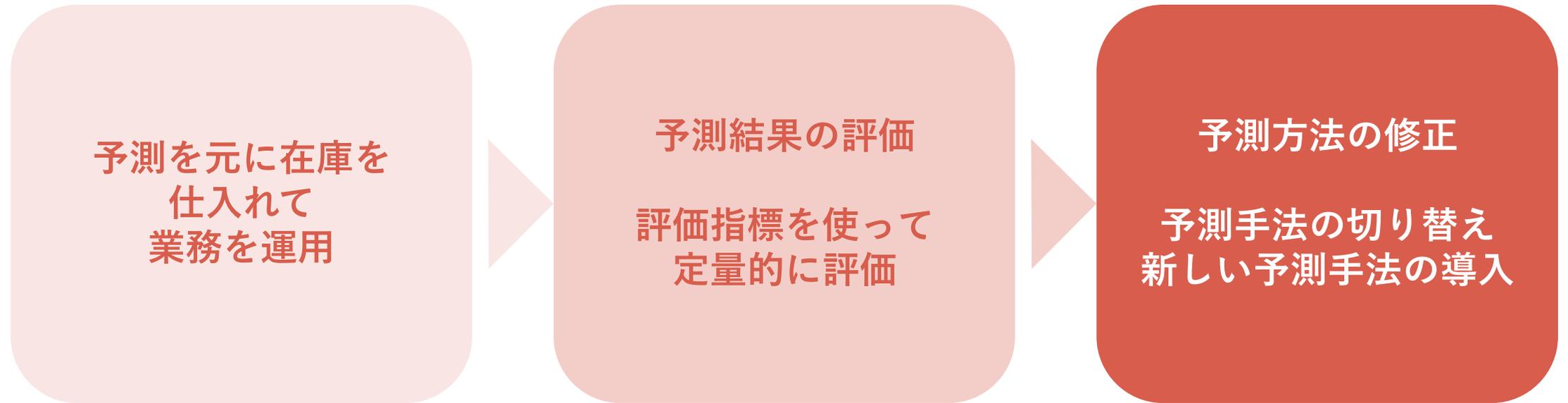
天気予報を完全に
予測するのは不可能
(最近はゲリラ豪雨も多い?)

突発イベントや天変地異の
予測はできない
(地震の予測は難しい)

いつ商品がバズるかも
予測不可
(バズらせ屋もいますが…)

でも、
予測結果の評価は絶対に
やらないといけない
(次の予測に生かす)

予測結果の評価



評価指標の例

誤差の絶対値を使う場合 平均絶対誤差 (MAE)

誤差の差分の二乗を使う場合 平均二乗誤差 (MSE)

誤差割合を使う場合 平均絶対パーセント誤差 (MAPE)

代表的な評価指標

予測値： Y 、実際値： y 、標本（データ）数： n

$$\text{平均絶対誤差：} \mathbf{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - y_i|$$

$$\text{平均二乗誤差：} \mathbf{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - y_i)^2$$

$$\text{平均絶対パーセント誤差：} \mathbf{MAPE} = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - y_i}{y_i} \right|$$



② リードタイム



リードタイム

部品や素材、商品を注文してから自社に到着し、顧客に渡せる状態になるまでの時間

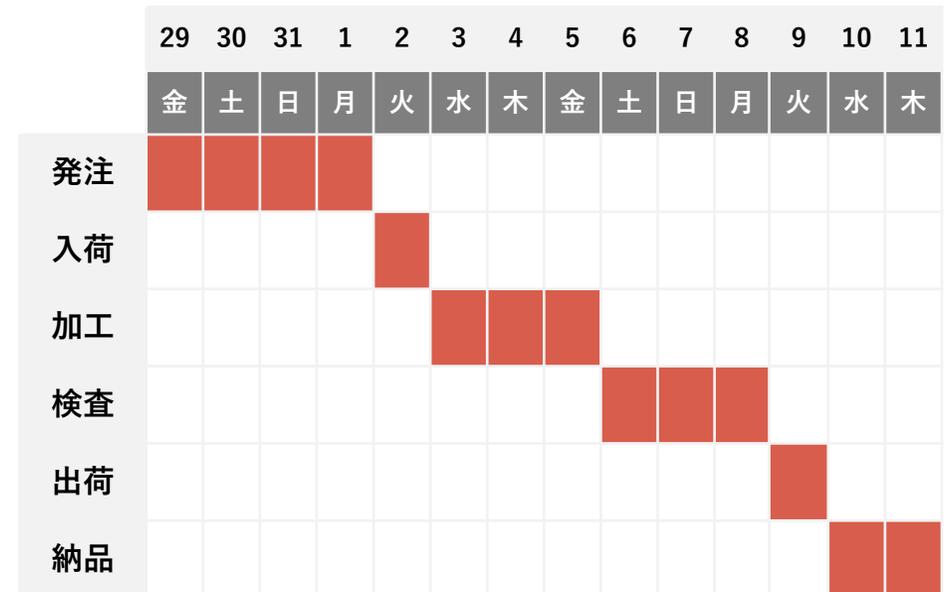
リードタイムの内訳（右図との対応）

- 発注から入荷までの時間（発注・入荷）
- 加工の時間（加工）
- 検品、品質管理時間（検査）
到着した部品や素材、商品の品質確認や検査の時間
- 出荷準備時間（出荷）
伝票の作成や梱包、出荷手配の時間
- 顧客に届くまでの時間＝物流リードタイム（納品）

小売の場合

- 加工工程はない
- 発送時点で終了、納品期間は含まれない

発注から納品までのガントチャート



工場の場合のリードタイムの例

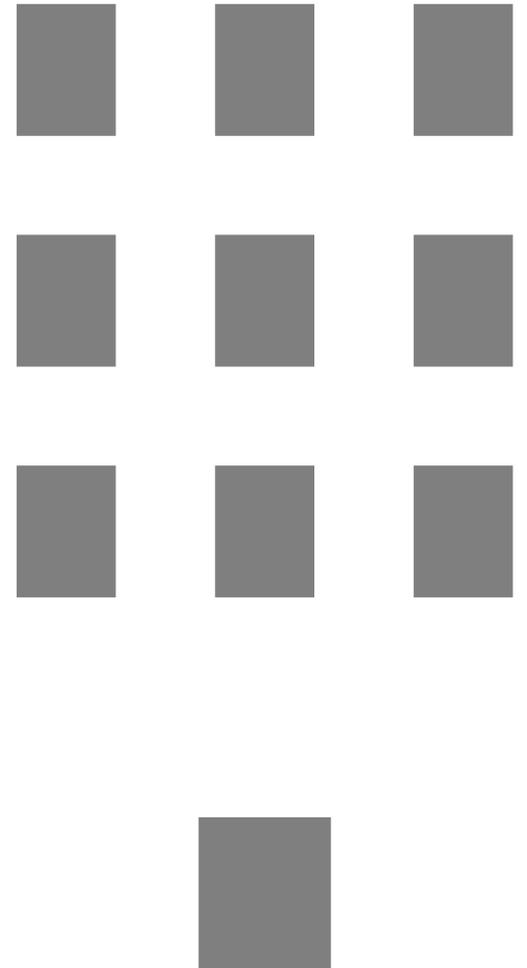
発注から入荷までの5日＋検査から出荷までの4日
＋生産の3日＋物流リードタイム2日＝14日

小売の場合のリードタイムの例

加工と納品がなくなるので9日間になる



③ ライバルの存在



ライバル社の競合品

競合品があると？



競争で利益率や在庫の回転率が変化

競合品がある中で在庫が不足すると？



欠品があるとお客は競合品を買ってしまい、ライバルへ乗り換える可能性

新しい競合品の登場



競争が激化するが、市場自体が活発になる可能性も

競合品の例：

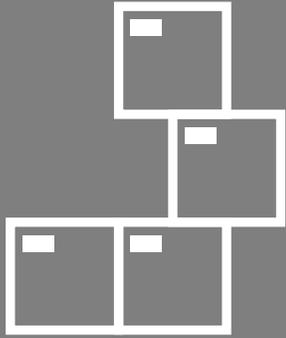
コカコーラに対するペプシコーラ

コカコーラが売ってなかったらペプシコーラを買って、今まで飲んだことがなかったペプシコーラに乗り換える

(飲料水 vs 飲料水は…?)

一方で、ライバルがおらず市場を独占している製品の場合、発注を受けてからの手配になり在庫を持たない場合があり得る

高級スポーツカーにフェラーリしか無かったら、欲しい顧客はフェラーリを待ってでも買うしかない。ブランド力も関係する



④ 顧客サービス レベルの水準

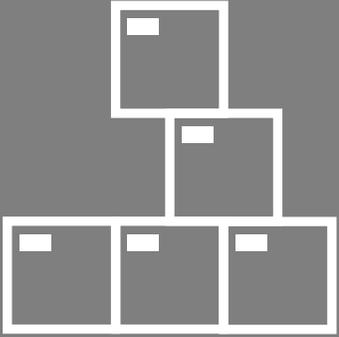


顧客サービスレベル

在庫が影響する要素

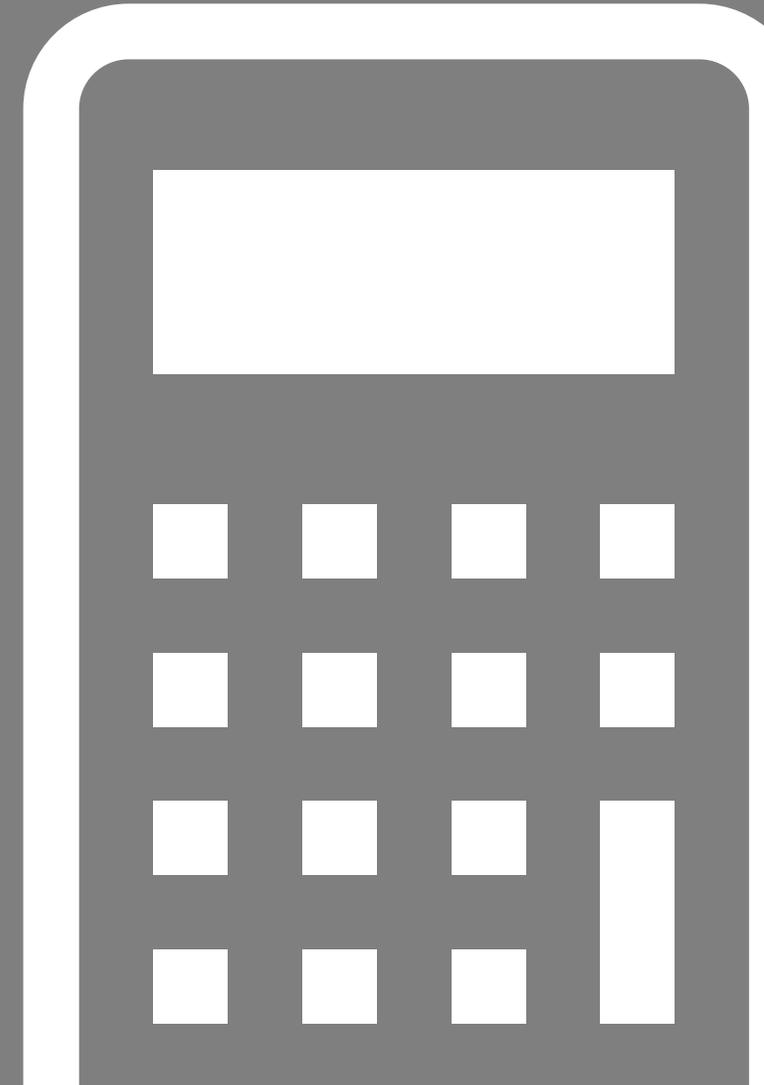
納期遵守率	品揃え	返品・クレーム対応	カスタマーサポート
<ul style="list-style-type: none"> 顧客の信頼に影響 絶妙な納期は顧客の購買意欲を刺激する場合があります、戦略として製品を作れても増産しないこともありうる 	<ul style="list-style-type: none"> 顧客が買いたい商品が豊富に陳列されているかどうか 商品の半分以上が欠品だったりするとイメージが低下する可能性 	<p>対応が円滑で迅速かどうか</p>	<p>サービスや商品への問い合わせ・サポートへの対応能力</p>

総合的に判断し、顧客サービスレベルの水準を意思決定（経営判断）



⑤ 発注、保管、 生産コスト

- 発注コスト、保管コスト、EOQモデル
- 生産コスト



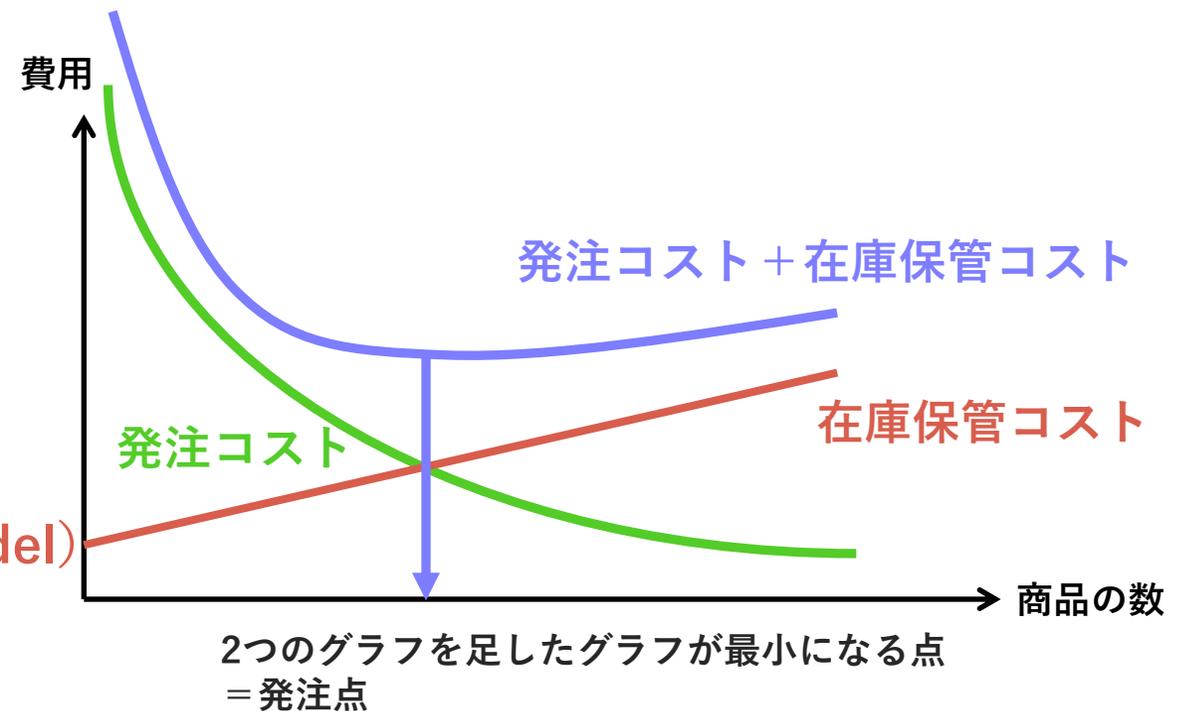
発注コスト、保管コスト、EOQモデル

発注にも在庫保管にもコストがかかる

- **発注コスト**
 - 発注にかかる時間と費用
 - 受け入れ人員などの手配費用
- **在庫保管コスト**
 - 保管する倉庫のレンタル費用や倉庫の保険料
 - 保管中に商品が破損するリスク
 - 商品の賞味期限や使用期限による廃棄のリスク

EOQモデル (Economic Order Quantity Model)

- **前提**
 - 数が多いほど1個あたりの価格が少なくなる
 - 在庫保管コストは個数に比例する
- **発注コストと在庫保有コストの和が最小になる在庫量を保持する**
- **在庫量を発注点基準とし、割ったら発注 (発注点発注)**
- **卸やECサイトの在庫の持ち方の考え方の1つ**



生産コスト

工場では生産コストの考慮も必要

発注コスト

保管コスト

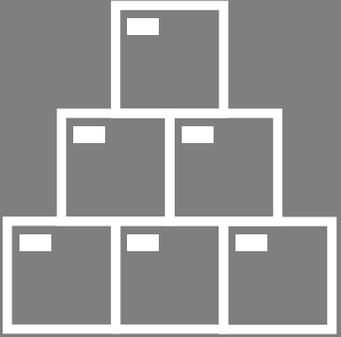
生産コスト

- 生産に必要な時間と費用
- 生産する品目を変える時に生産ラインの段取り替え（人員の配置や治具の変更）が発生

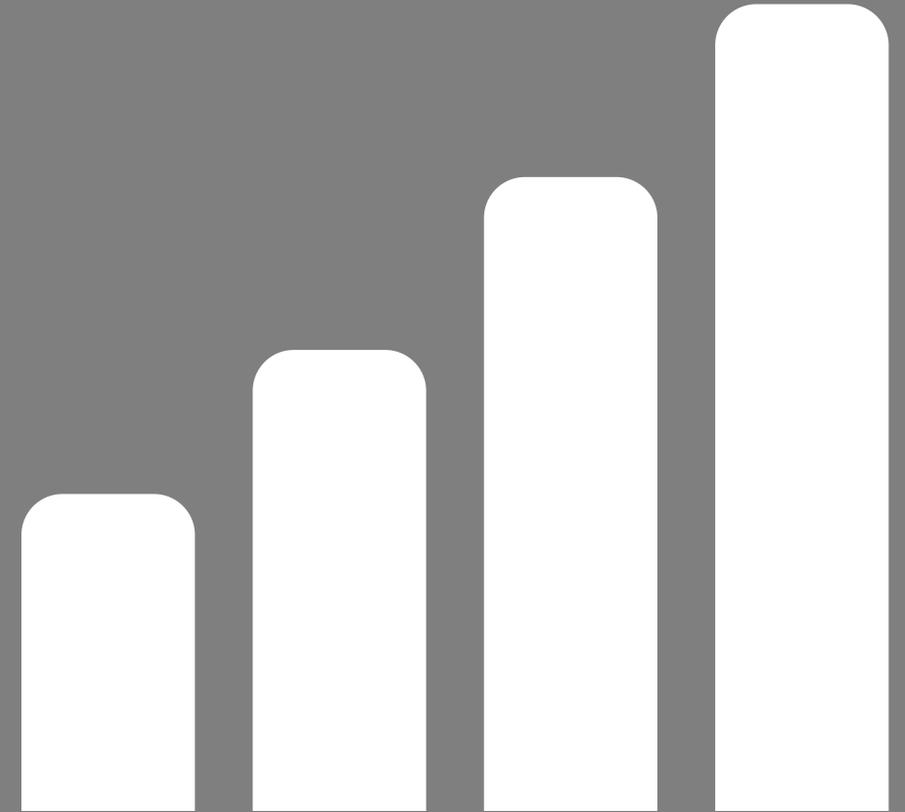
細切れ生産は時間的にも費用的にもコストが高くなるので、ある程度のまとまった数を生産（ロット生産）が必要

例：汎用的なねじや本のように100個、1万冊などとロットが決まっている場合

- 工場は発注が100個を超えないと生産しないが、101個の発注の場合でも将来に売れる見込みがあるなら、200個生産して在庫にする
- 小売側は60個しか売れる見込みがないという場合でも、100個を注文する必要があり売り切れないリスクが存在
 - このリスクを緩和していたのが卸問屋
 - 60個欲しい店と40個欲しい店がある時、100個を問屋が発注して卸せば、小売店が持つ在庫を減らせる
- ここでも、提供する顧客サービスとの兼ね合いで、小売は欠品するのか在庫を抱えるのかを意思決定



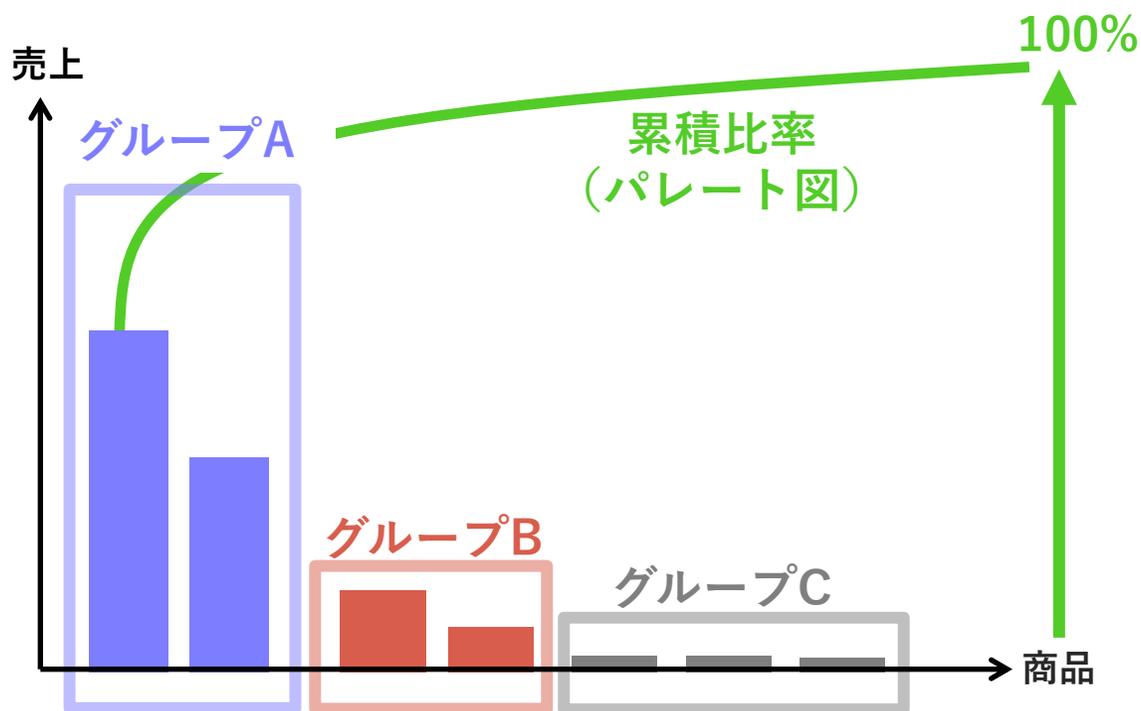
⑥ ABC分析



ABC分析

ABC分析とは？

在庫の金額や売上などを評価軸として分類して管理する方法



売上を評価軸とした場合の例

前提として全体売上の8割は全体の2割の商品が生み出しているという**パレートの法則**が存在

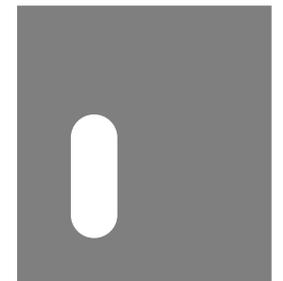
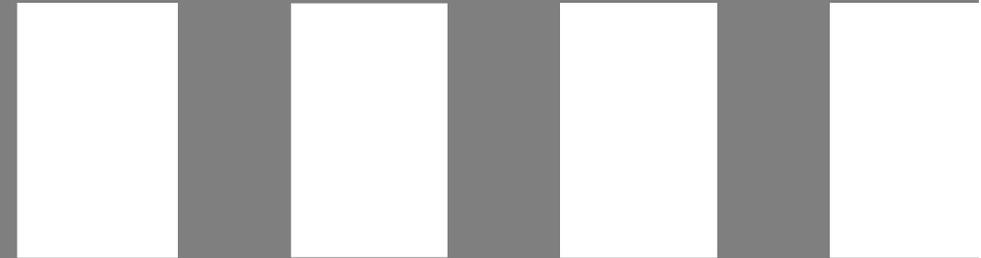
売上順にソートした時に累積比率で商品に分け、管理方法も分ける

Aグループ 全体売上に占める割合大
在庫が切れないように意識する

Bグループ 全体売上に占める割合中
定期的に発注、あるいは在庫が切れたら発注する

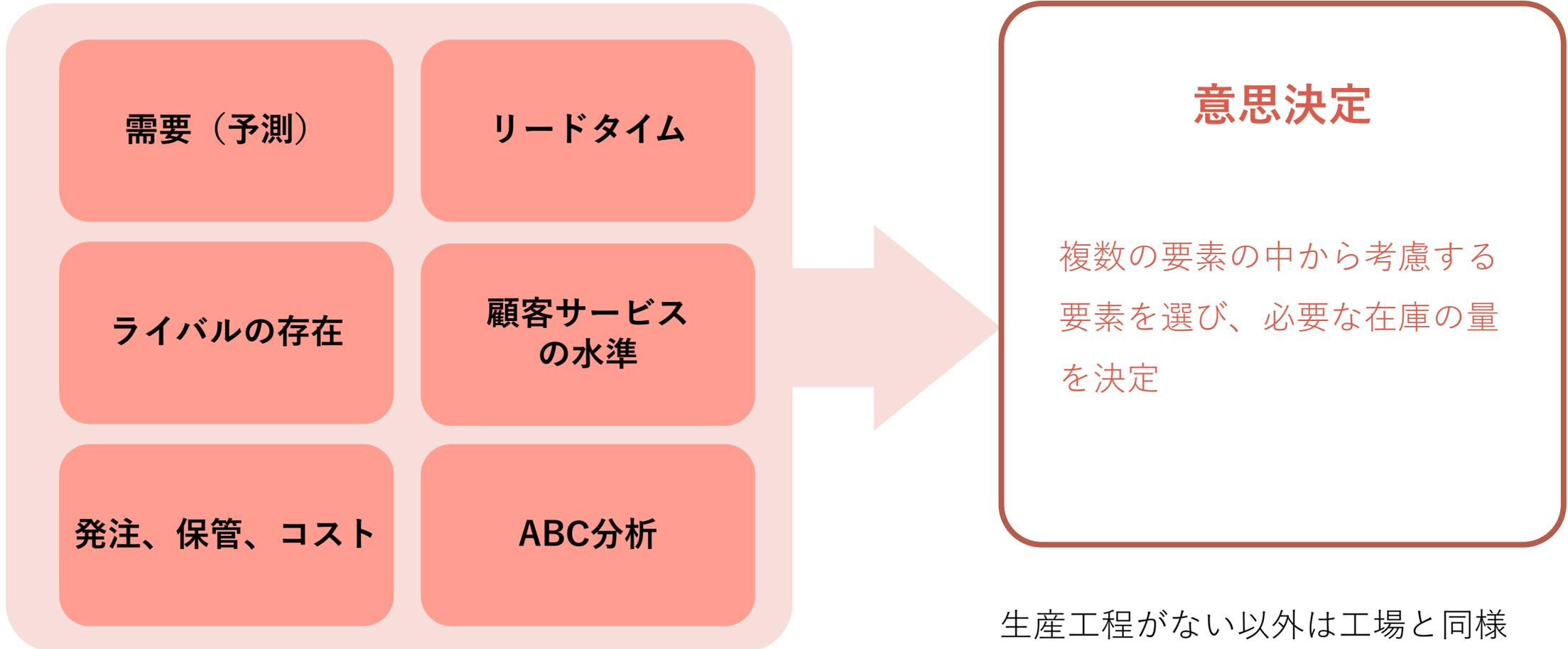
Cグループ 全体売上に占める割合小
在庫が切れなければ発注しない

小売の適正な 在庫を決める要素



適正な在庫を決める要素

在庫水準を決める要素の例



安全在庫（マージン）

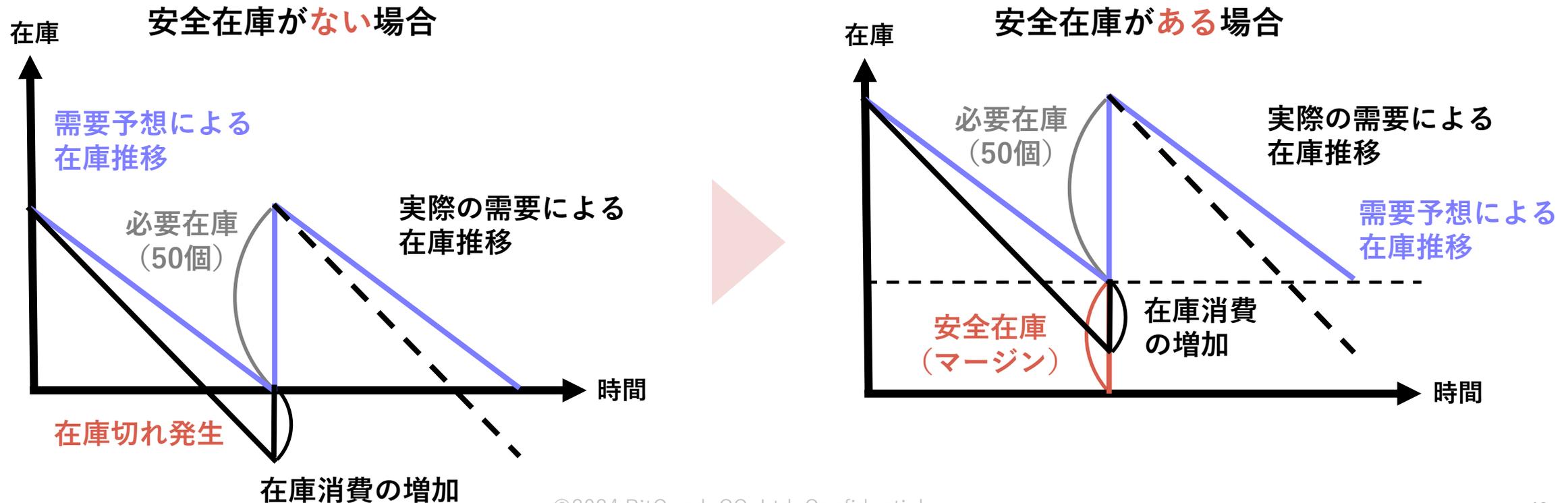
- 安全在庫の考え方
- 安全在庫の計算式
- 安全在庫の求め方
- 安全在庫の決定
- リードタイム
- 安全在庫の計算例

安全在庫の考え方

安全在庫は突発事態に備えるために**最低限持つべき在庫**のこと

JIS規格では需要変動又は補充期間の不確実性を吸収するために必要とされる在庫と定義

例：計算した必要在庫が50個の場合、加えて安全在庫（オフセット）を持つことで、実際の需要が予測より増えることによる在庫消費の増加を吸収



安全在庫の計算式

$$\text{安全在庫の計算式} = \text{安全係数} \times \text{需要の標準偏差} \times \sqrt{\frac{\text{発注リードタイム} + \text{発注間隔}}{\text{需要を計算する期間}}}$$

- **安全係数**
 - ▶ 欠品をどこまで許容するかを統計的に計算して求めた数値
- **需要の標準偏差**
 - ▶ 需要の不定性、過去のデータから得られる値
- **リードタイム**
 - ▶ 部品や材料を発注する際、実際に届いて使用できるまでの時間
- **発注間隔**
 - ▶ 平常状態での仕入れ間隔
- **需要を計算する期間**
 - ▶ 1日あたりの需要を使うなら1日

安全係数の求め方

需要データの分布を作成

標本数が多ければ、需要は平均値 μ 、分散 σ の正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ に従うと仮定することが可能（中心極限定理）

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\}$$
$$-\infty < x < +\infty$$

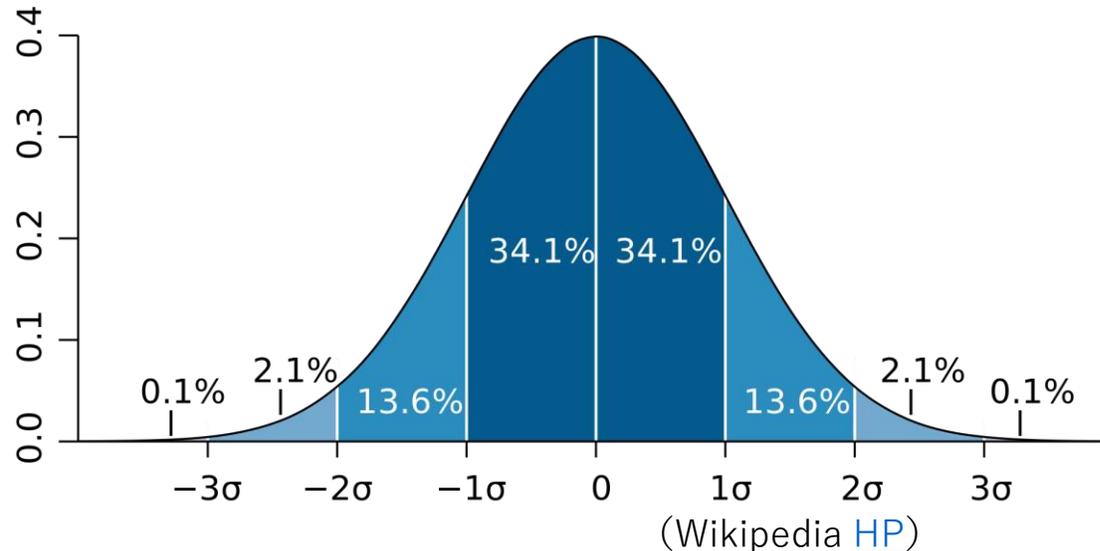
標準正規分布の確率分布 $p(x)$ は

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(x - \mu)^2}{2}\right\}$$
$$-\infty < x < +\infty$$

安全係数の決定

欠品許容率を定義

- ・ 100回の発注に対して何回欠品を許容するかの割合
- ・ 確率分布 $p(x)$ （下図）に対して欠品率許容率0.1%は全体の99.9%が左側の範囲の中に入ること



欠品許容率は正規分布の累積分布関数の逆関数（NORMSINV）から計算する

実際には経験に基づき、計算結果より大きい値にすることも

fx | =-NORMSINV(B2*0.01)

B	C
欠品許容率 (%)	安全係数
0.1	3.090
1	2.326
2	2.054
3	1.881
5	1.645
10	1.282
20	0.842
30	0.524

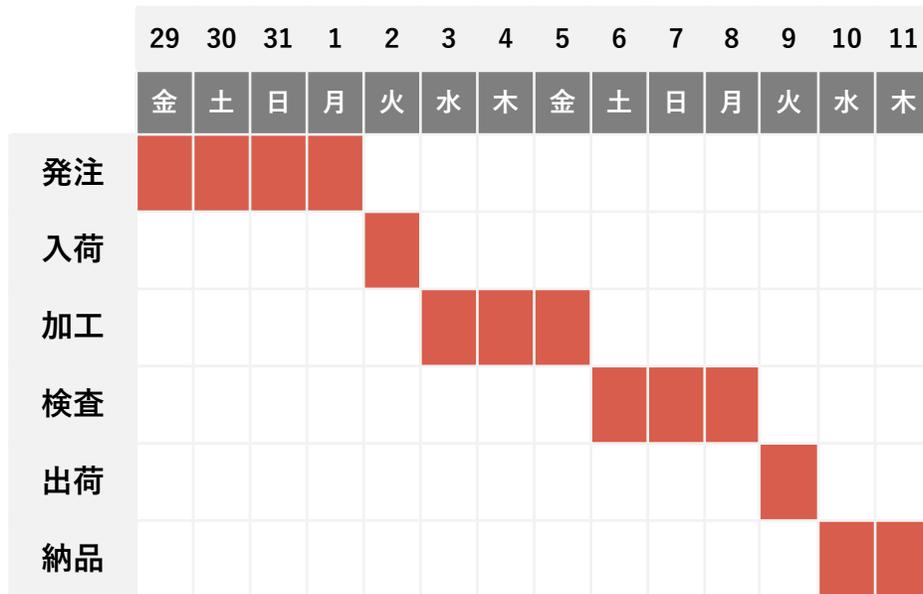
Excelでの計算結果

欠品許容率 (%)	よく使われる丸められた安全係数
0.1	3.10
1	2.33
2	2.06
3	1.89
5	1.65
10	1.29
20	0.85
30	0.53

リードタイム（おさらい）と発注間隔

リードタイム

部品や素材、商品を注文してから自社に到着し、顧客に渡せる状態になるまでの時間

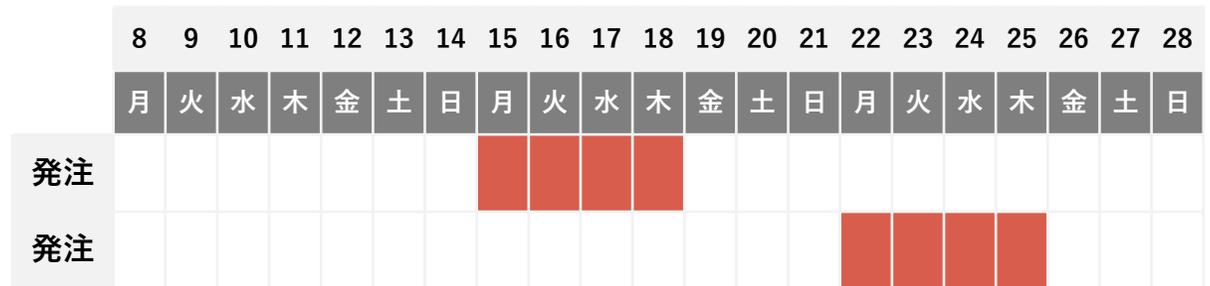


発注から納品までのガントチャート

例：リードタイムは発注から納品まで14日間

発注間隔

定期的な在庫を持つ際に、前の発注から次に発注するまでの期間



例：発注が4月15日、次の発注が4月22日なら、発注間隔は7日

安全在庫の計算例

データ

過去1年分のデータから求めた1日当たりの需要の平均 = 100個
需要の標準偏差 = 10
リードタイム = 1日
発注間隔 = 7日

目指す顧客サービス

欠品許容率 = 0.1% (安全係数 = 3.10)

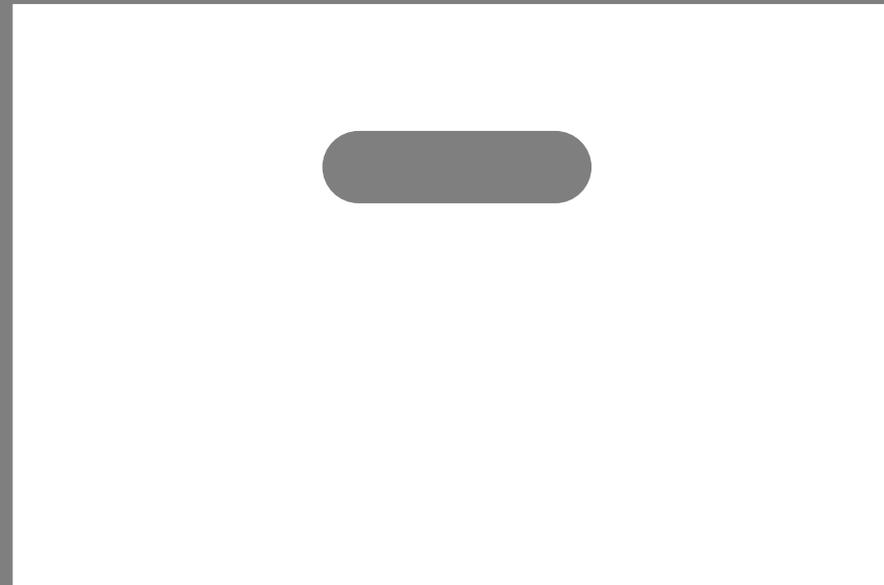
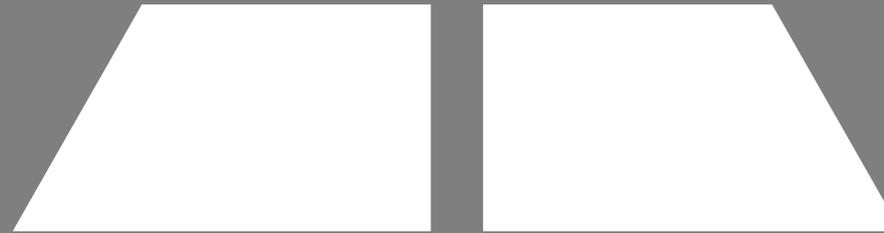
$$\text{安全在庫} = 3.10 \times 10 \times \sqrt{\frac{1+7}{1}} = 87.7 \text{個}$$

上の例では需要平均の100個に対して88個と1日分の需要に足りていないことが分かる

例えば部品工場では、安全係数を10から20位の大きな値として数日分から1月分くらいの在庫を持つ

第1部

1-6 まとめ



まとめ

0 1 在庫の数は意思決定するもので、前提条件なしでは自動的に決まらない

0 2 在庫の数を決める意思決定をサポートする要素（根拠）は複数存在

- 未来の需要予測
- リードタイム
- ライバルの存在
- 顧客サービスレベル
- 発注コストや保管コスト、生産コスト
- 在庫の資産価値とキャッシュフロー
- 安全在庫

0 3 破棄が出ないように売り切れる数しか発注しない、顧客サービスを優先し破棄するほど在庫を持つ、ブランディングのために在庫を持たないなど、最終的には経営方針に基づいて在庫の数を決める

