

修 士 論 文 の 和 文 要 旨

研究科・専攻	大学院 情報理工 学研究科 情報・ネットワーク工学 専攻 博士前期課程		
氏 名	高野将吾	学籍番号	1731091
論 文 題 目	内示が与える生産計画への影響について		
<p>要 旨</p> <p>工業製品を作るために、工場での生産管理が必要になってきている。商品に対してどのくらいの需要が発生するかは、商品を作り始めた後に判明することもある。そのため、商品を作るために費用がかかるのはもちろんであるが、売れ残ったものを保管するためにかかる費用、また商品が売り切れてしまった場合に発生する損失も考える必要がある。商品を作り始めた後に判明する需要を考える問題はいくつか研究が行われており、新聞売り子問題や不確実な先行需要情報を用いた生産計画などが考えられている。</p> <p>似たような考え方として、内示というものが存在する。内示とは、生産計画において生産者が顧客からの受注前に顧客から事前に伝えられる受注量の目安である。顧客が生産者に対して出す内示を元に、生産者は予め商品の補充を行う。その後内示に基づいた実際の受注が行われる。</p> <p>内示によって、生産者は予めおおよその受注量を把握することができ、保管コストやペナルティコストが小さくなるというメリットがある。しかし確実な受注量ではないため、実際の受注にはならない可能性があるというデメリットがある。</p> <p>本研究では、内示を用いた生産計画を考え、どのような時に内示を利用した方が良いか、また利用しない方がいいのかを数値実験を通して考察した。</p> <p>期待在庫量を6に設定したとき生産コストを最も抑えられていた。納入コストやペナルティコストを変化させた場合、内示を用いた方が生産コストを抑えることができていた。供給リードタイムと需要リードタイムの差が大きいほど生産コストがかかってしまい、差が0であると、ペナルティコストが発生することはなかった。内示量と受注量が大きく離れると、内示を用いないほうが生産コストを抑えられていることがわかった。また、在庫が足りなくなるよりも、余らせたほうが生産コストを抑えられることがわかった。</p>			

電気通信大学大学院情報理工学研究科
情報・ネットワーク工学専攻情報数理工学プログラム修士論文

内示が与える生産計画への影響について

指導教員 村松 正和 教授
山崎 匡 准教授

2019年1月28日

情報数理工学プログラム

学籍番号 1731091

高野将吾

目次

1	はじめに	3
2	基礎知識	4
2.1	生産計画	4
2.2	先行需要情報	4
3	内示のモデル	6
3.1	内示	6
3.2	内示の例	6
3.3	内示を用いた生産のモデル	7
3.4	L 日後の在庫量	8
3.5	確率モデルの導入	9
3.6	例	10
4	数値実験	11
4.1	実験 1(発注した製品が納入される日の目標在庫量を変えた場合)	13
4.2	実験 2(納入コストを変化させた場合)	16
4.3	実験 3(ペナルティコストを変化させた場合)	19
4.4	実験 4(需要リードタイムを変化させた場合)	21
4.5	実験 5(供給リードタイムを変化させた場合)	24
4.6	実験 6(受注量の平均が内示量と異なる場合)	29
4.7	実験 7(納入コストとペナルティコストの比を変化させた場合)	33
4.8	実験 8(受注量に内示量との相関がある場合)	37
4.9	実験 9(受注量の分散を変化させた場合)	39
4.10	実験 10(受注量の分布を変化させた場合)	42
5	まとめ	45

1 はじめに

工業的な意味での生産管理が用いられるようになったのは、18世紀後半に英国で起こった産業革命からである [1]。大量の工業製品を作るために、工場での生産管理が必要になってきている。製品に対して、どのくらいの需要が発生するかは、製品を作り始めた後に判明することもある。そのため製品を作るために費用がかかるのはもちろんであるが、売れ残ったものを保管するためにかかる費用、また機会損失も考える必要がある。製品を作り始めた後に判明する需要を考える問題はいくつか研究が行われている。

例えば、新聞売り子問題 [2] とは、需要が確率で与えられているとき、製品が売れ残ったことによる損失や売り切れてしまったことによる損失を最小化するような仕入れの量を考える問題である。この問題は、需要の累積確率が、製品1個あたりの売り切れによる損失を、製品1個あたりの売り切れによる損失と、1個あたりの売れ残りによる損失で割った値と同じになる量を仕入れるのが最適解であることが知られている。

また、先行需要情報 [3] とは、実際に需要が発生する前に、ある期間先行して入手できる需要情報のことである。この需要情報は、期ごとに実際の需要になるとして確定するか、実際の需要にならないとして確定するか、次の期も需要情報として継続するか、という遷移がある。先行需要情報は実際の需要とは異なる可能性があるが、これによりある程度の需要の予測は可能になる。

これらと似たものとして、内示というものが存在する。内示とは、生産計画において生産者が顧客からの受注前に顧客から事前に伝えられる受注量の目安である [6]。顧客が生産者に対して出す内示を元に、生産者は予め製品の補充を行う。その後内示に基づいた実際の受注が行われる。

内示によって、生産者は予めおおよその受注量を把握することができ、保管コストやペナルティコストが小さくなるというメリットがある。しかし確実な受注量ではないため、実際の受注にはならない可能性があるというデメリットがある。

内示と先行需要情報の違いは、内示は1期ごとに需要を考えるのに対し、先行需要情報は需要情報として継続して残る可能性があるという点である。ある期において、内示はその期の需要の目安を指す。それに対し、先行需要情報はその期に需要となることが確定する分、需要とならないことが確定する分、次の期も先行需要情報である分の3つに分けられる。

内示は日本の製造業界において伝統的に使われてきたサプライチェーンマネジメントの手法である [6]。トヨタ自動車はこの生産方式を用いている。

本研究では、内示を用いた生産計画を考え、どういう時に内示を利用した方がいいか、また利用しない方がいいのかを数値実験を通して考察した。

2章では内示を用いた生産計画を考える上で必要な基礎知識、3章では内示を用いた生産計画の定式化、4章で数値実験を通して内示を用いた生産計画に関する実験、5章でまとめを行っている。

2 基礎知識

2章では、内示を用いた生産計画を考えるために必要な用語について述べる。

2.1 生産計画

現代社会における物の生産とは、農業、漁業、鉱業、工業などの製品を製造して市場に提供する製造業などのことをいい、生産者が生産の計画を立てることを生産計画という [4]。

発注とは、生産者が製品の在庫を増やす為に工場などに対して行う指示のことである。また、発注の結果、製品を受け取り在庫量が増えることを納入という。一般に発注から納入までには一定の期間が必要になり、この期間を供給リードタイムと呼ぶ。受注とは、顧客が生産者に製品の注文を行うことを、生産者側から見た用語である。また、納品とは、顧客からの受注に基づいて製品を渡すことである。受注から納品までには一定の期間が必要になり、この期間を需要リードタイムと呼ぶ。それぞれの関係を図1に示す。図1は顧客と生産者と生産者が所有する工場との関係を表しており、生産者から工場へ発注し、工場が生産者へ納入を行い、生産者が顧客から受注し、顧客へと納品することを矢印で表現している。

供給リードタイムより需要リードタイムが短いとき、生産者は見込み生産を行う必要がある。見込み生産とは、顧客からの受注に備え、予め製品の在庫をある程度確保しておく生産方式である。内示を用いた生産計画では、供給リードタイムより需要リードタイムが長いとき、生産者は受注生産を行う。受注生産とは、顧客からの発注があってから生産を開始する生産方式である [5]。



図1 顧客、生産者、工場の関係

生産計画で発生するコストは納入コスト、保管コスト、ペナルティコストの3つがある。納入コストとは、生産者が製品を納入するのにかかるコストで、単位製品あたりにかかる。保管コストとは、生産者が製品を保管するのにかかるコストで、単位製品、単位期間あたりにかかる。ペナルティコストとは生産者が顧客に製品を届けられなかったときにかかるコストで、単位製品、単位期間あたりにかかる。3つのコストを合わせて生産コストと呼ぶ。

2.2 先行需要情報

先行需要情報 [3] とは、顧客の納期に対してあるリードタイム分だけ先行して入手できる需要情報のことをいう。先行需要情報によってあらかじめ需要がわかるため、実質的な納期を伸ばすことができる。

先行需要情報を用いた生産計画で用いられる定数や変数を表 1 に記す. ここでは,1 期は 1 日と同等であるとしている.

本論文では, \mathbb{Z} を整数全体の集合, \mathbb{N} を 0 を含む自然数全体の集合, \mathbb{N}_0 を 0 を除く自然数全体の集合であるとする.

表 1 先行需要情報を用いた生産計画の定式化に用いる定数や変数

N	計画期間 $N \in \mathbb{N}$
c	単位数量当たりの納入コスト $c \in \mathbb{N}$
h	1 日 1 単位当たりの保管コスト $h \in \mathbb{N}$
b	1 日 1 単位当たりのペナルティコスト $b \in \mathbb{N}$
l	需要リードタイム ($l < L, l > 0$)
L	供給リードタイム ($l < L$)
m_i	i 期に新たに発生した先行需要情報の数 $m_i \in \mathbb{N}$
k_i	i 期に出ている先行需要情報の総数 $k_i \in \mathbb{N}$
$D_i(k_{i-1})$	$i-1$ 期に先行需要情報であって, i 期に実際の需要となることが確定した先行需要情報の数 $D_i(k_{i-1}) \in \mathbb{N}$
$A_i(k_{i-1})$	$i-1$ 期に先行需要情報であったが, i 期に需要とならないことが確定した先行需要情報の数 $A_i(k_{i-1}) \in \mathbb{N}$
x_i	i 日の在庫量 $x_i \in \mathbb{Z}$
Q_i	i 日の発注量 $Q_i \in \mathbb{N}_0$

先行需要情報は, 製品 1 個あたりに 1 つ存在すると仮定する. 期ごとに全ての先行需要情報は以下の 3 つのいずれかとなる.

1. 先行需要情報から実際の需要となることが確定する
2. 先行需要情報から実際の需要とならないことが確定する
3. 次の期も先行需要情報であり続ける

先行需要情報を用いた i 期の生産計画は以下のプロセスで行われる.

1. $i-L$ 期の発注量 Q_{i-L} が納入される
2. $i-l$ 期に受注が確定した D_{i-l} を納品する
3. $i+l$ 期に顧客に納品する受注量 D_i が確定する
4. $x_i = x_{i-1} + Q_{i-L} - D_{i-l}$ により在庫を更新
5. 新たに先行需要情報 m_i が追加される
6. 先行需要情報の数が $k_i = k_{i-1} - D_i - A_i + m_i$ と更新される
7. $i+L$ 期に届く発注量 Q_i を求める

発注量の求め方として, i 期から N 期までにかかるコストの総和の期待値を計算し, それを最小化するような発注量 Q_i を求めることが [3] で提案されている.

3 内示のモデル

3.1 内示

内示とは、生産計画において生産者が顧客からの受注前に顧客から事前に定期的に繰り返し伝えられる受注量の目安である [6]。顧客が生産者に対して出す内示を元に、生産者は予め製品の補充を行う。その後、内示に基づいた実際の受注が行われる。

内示によって、生産者は予めおおよその受注量を把握することができ、保管コストやペナルティコストが小さくなるというメリットがある。しかし確実な受注量ではないため、実際の受注にはならない可能性があるというデメリットがある。

内示と先行需要情報との違いは、内示はある期の需要の目安を指すが、先行需要情報はある製品が実際に需要になるかということを考えている点である。

内示は自動車部品の生産に用いられることが多い。トヨタ自動車では、自動車部品会社に対して内示を出すことで、より効率のいい生産を行っている [7]。

本研究では、内示を用いるとどうして効率が良くなるか、どういうときに内示を用いるのがいいかということについて考察することを目的とする。

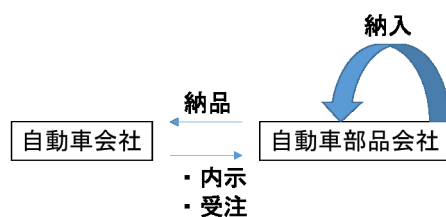


図2 内示生産

3.2 内示の例

内示を表現するために、表2に記す5つの記号を用いる。

表3は内示の一例である。▲を現在の日、△を現在の時点で実際の受注量が確定している日、○を現在の時点で週次内示のみが出されて、実際の注文量が確定していない日、-を内示が出ていない日、☆を現在発注した製品が届く日とする。週次内示とは、一週間分まとめて出される内示のことである。表3の例では、週次内示は先週の水曜に来週分の内示までが出ている。

表 2 内示を表現するための記号

▲	現在
△	注文量が確定している日
○	週次内示
-	週次内示が確定していない日
☆	現在発注した量が届く日

表 3 内示の例

週\日	月	火	水	木	金
0		▲	△	△	△
1	○	○	○	○	○
2	-	-	☆	-	-
3	-	-	-	-	-

3.3 内示を用いた生産のモデル

内示が用いられるので、需要リードタイム $l > 0$ が供給リードタイム L より小さいとする。 i は日付を表す。内示はある一定の間隔で一定の日付分出されるとする。初期状態で内示は kk^* 日分出ており、 i^* 日に k 日分追加で出され、その後 k 日ごとに k 日分新たに出されるものとする。

モデルで用いられる定数や変数を表 4 に記す。

表 4 内示生産の定式化に用いる定数や変数

N	計画期間 (日) $N \in \mathbb{N}$
c	単位数量当たりの納入コスト $c \in \mathbb{N}$
h	1日1単位当たりの保管コスト $h \in \mathbb{N}$
b	1日1単位当たりのペナルティコスト $b \in \mathbb{N}$
l	需要リードタイム ($l < L, l > 0$)
L	供給リードタイム ($l < L$)
k^*	初期状態で内示が出ている回数 $k^* \in \mathbb{N}$
k	内示が1回に出す日付の長さ $k \in \mathbb{N}$
i^*	内示が初めて出される日 $i^* \in \mathbb{N}_0$
m_i	i 日の内示量 $m_i \in \mathbb{N}$
x_i	i 日に存在する在庫量 $x_i \in \mathbb{Z}$
Q_i	i 日の発注量 $Q_i \in \mathbb{N}_0$
D_i	i 日の受注量 $D_i \in \mathbb{N}_0$

このうち N, c, h, b, l, L は定数であり、 m_i, D_i は外部要因であり、 x_i, Q_i は変数である。

確定していない受注量は確率的に変動すると仮定する. 確定していない受注量については, 内示が出されている日と出されていない日があることに注意する. 内示の取り扱いとして, 受注量の期待値が内示量と等しい場合と異なる場合の両方を考える. また, 内示が出されていない場合は, ある一定の平均をもつ分布に従うと仮定する.

3.4 L 日後の在庫量

本論文では, i 日の生産・発注の流れは以下のプロセスになると仮定する.

1. $i - L$ 日の発注量 Q_{i-L} が届く
2. $i - l$ 日の受注量 D_{i-l} を顧客に納品する
3. $x_i = x_{i-1} + Q_{i-L} - D_{i-l}$ により在庫を更新
4. i 日の受注量 D_i が確定する
5. ($i^* \equiv i \pmod{k}$) のとき 週次内示が確定する
6. i 日の発注量 Q_i を決定する

内示を用いた生産が表 5 のように表される場合を考える. 表 5 から, $L = 11$ および $l = 3, i^* = 3, i = 2, k^* = 2, k = 5$ である. このとき, 5 日までは受注量が確定している. 需要リードタイム l は 3 日, 供給リードタイム L は 11 日である. また, 10 日までは内示が出ている. 11 日目からは内示が出ておらず, ▲の日が発注すると 13 日に届くという状況である.

表 5 内示を用いた生産計画

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		▲	△	△	△	○	○	○	○	○	-	-	☆	-	-	-	-	-	-	-

△部分で表される受注量の総和はすでに決定しており, 特に当日においては, 受注が確定したのちに

$$\sum_{j=0}^l D_{i-j} \quad (1)$$

と表せる.

また, まだ確定していない L 日後までの受注量の総和は,

$$\sum_{j=1}^{L-l} D_{i+j} \quad (2)$$

と表せる.(1) と (2) の和は現在から L 日後までに納品しなければならない製品の量を表している.

以上より, $i + L$ 日の在庫量 x_{i+L} は

$$x_{i+L} = x_i + Q_i + \sum_{j=1}^{L-1} Q_{i-j} - \sum_{j=0}^l D_{i-j} - \sum_{j=1}^{L-l} D_{i+j} \quad (3)$$

と表せる.(3) が正である場合には L 日後に保管コスト, 負である場合にはペナルティコストがかかる.

ここで, $j \in \{i+1, i+2, \dots, L-l\}$ に関しては, i 日目の時点では D_{i+j} は確定していない. そこで次節で紹介するような確率モデルを導入する.

3.5 確率モデルの導入

内示を用いた生産計画では, L 日後の在庫量を考える場合に, \circ 部分と $-$ 部分の受注量はまだ確定していない. そこで, 内示量が分かっている日の集合を $N(i)$, 内示量が分かっていない日の集合を $\bar{N}(i)$ とする.

図3は, 表5における $N(i)$ と $\bar{N}(i)$ の部分を表現している.

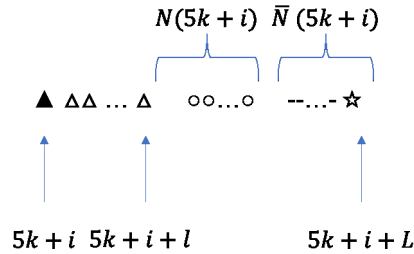


図3 $N(i)$ と $\bar{N}(i)$

すると,(3) は,

$$x_{i+L} = x_i + Q_i + \sum_{j=1}^{L-1} Q_{i-j} - \sum_{j=0}^l D_{i-j} - \sum_{j \in N(i)} D_j - \sum_{j \in \bar{N}(i)} D_j \quad (4)$$

と書ける. 本研究では, D_j ($j \in N(i)$) は平均が内示量である分布と, そうでない分布を考える. また, D_j ($j \in \bar{N}(i)$) は内示が出されていないので, ある一定の分布に従うと仮定する.

L 日後までの期間全てで内示量がわかっている場合は $\bar{N}(i) = \emptyset$ である. このとき, 初期状態で内示が出ている回数である k^* と計画期間が始まってから内示が出た回数である $\frac{i}{k}$ の和を取る. さらに1回に内示が出される日数である k との積が, 現在出ている内示の日数である. 発注したものが納入される日と比較して大きければいいので,

$$\left((i^* < i \pmod{k}) \wedge \left(i + L \leq k \left(k^* + \frac{i}{k} \right) \right) \right) \vee \left((i^* \geq i \pmod{k}) \wedge \left(i + L \leq 5 \left(k^* + \frac{i}{k} + 1 \right) \right) \right) \quad (5)$$

である.

発注から納入までの期間で内示が出されていない期間がある場合は $\bar{N}(i) \neq \emptyset$ である. この

とき, 現在出ている内示の日数より発注したものが納入される日が短いので,

$$\left((i^* < i(\bmod k)) \wedge \left(i + L > k \left(k^* + \frac{i}{k} \right) - 1 \right) \right) \vee \left((i^* \geq i(\bmod k)) \wedge \left(i + L > k \left(k^* + \frac{i}{k} \right) \right) \right) \quad (6)$$

が成り立っている. $N(i) = \emptyset$ となる場合は, 受注が確定してから生産をすればいいため, ここでは考えないこととする.

3.6 例

初期在庫 $x_0 = 110$, 納入コスト $c = 1$, 保管コスト $h = 2$, ペナルティコスト $b = 10$ とし, 以下を仮定する.

仮定 1 現在から 3 日後までの受注量のみがすべて確定している

仮定 2 週次内示は前々週の水曜に提示される

仮定 3 供給リードタイムは 11 日である

仮定 4 内示量は平均が 10, 分散が 2 の正規分布に従った乱数を使って生成した

仮定 5 受注量は平均が内示量, 分散が 2 の正規分布に従った乱数を使って生成した

仮定 6 生成した内示量と受注量的小数点以下の数字は内示量に近い方の整数へ丸めた

表 6 内示生産における内示量と実際の注文量

週\日	1	2	3	4	5
0	(10,10)	(12,13)	(8,9)	(9,9)	(10,11)
1	(8,8)	(7,9)	(10,8)	(9,9)	(13,13)
2	(6,8)	(7,10)	(12,12)	(11,8)	(10,9)
3	(10,13)	(11,12)	(11,8)	(8,7)	(9,9)

表 6 では, 句点の左側が内示量, 右側が注文量である.

3.6.1 0 週 1 日の場合

0 週 1 日の時点で分かっている数値は以下の通りである.

表 7 0 週 1 日の内示量と受注量の情報

週\日	1	2	3	4	5
0	(▲,10)	(△,13)	(△,9)	(△,9)	(○,10)
1	(○,8)	(○,7)	(○,10)	(○,9)	(○,13)
2	-	☆	-	-	-
3	-	-	-	-	-

表 7 では, 句点の左側が受注や内示が出ているかを表す記号, 右側が受注量や内示量を表している. 例えば, 0 週 2 日の場合は実際の受注量が 13 であることを意味し, 1 週 3 日の場合は内示量が 10 であることを意味する. 0 週 1 日の発注量を決める直前での在庫量は 100 である.

△部分の総和は $13 + 9 + 9 = 31$, ○部分の総和は $10 + 8 + 7 + 10 + 9 + 13 = 57$, ☆の日を含む-部分の総和は $\frac{2 \times (10 + 13 + 9 + 9)}{4} = 21.5$ である. すると (3) より $x_{1+11} = 100 + Q_1 - 31 - 57 - 21.5 = Q_1 - 9.5$ となる. すると, L 日後の在庫を 0 にする発注量 Q_1 は $Q_1 = 10$ である.

3.6.2 0週2日の場合

0週2日の時点で分かっている数値は以下の通りである.

表8 0週2日の内示量と受注量の情報

週\日	1	2	3	4	5
0	(10)	(▲,13)	(△,9)	(△,9)	(△,11)
1	(○,8)	(○,7)	(○,10)	(○,9)	(○,13)
2	-	-	☆	-	-
3	-	-	-	-	-

0週2日の発注量を決める直前での在庫量は 87 である.

△部分の総和は $9 + 9 + 11 = 29$, ○部分の総和は $8 + 7 + 10 + 9 + 13 = 47$, ☆の日を含む-部分の総和は $\frac{3 \times (10 + 13 + 9 + 9 + 11)}{5} = 31.2$ である. すると (3) より $x_{2+11} = 87 + Q_2 + 10 - 29 - 47 - 31.2 = Q_2 - 10.2$ となる. すると, L 日後の在庫を 0 にする発注量 Q_2 は $Q_2 = 10$ である.

3.6.3 0週3日の場合

0週3日の時点で分かっている数値は以下の通りである.

表9 0週3日の内示量と受注量の情報

週\日	1	2	3	4	5
0	(10)	(13)	(▲,9)	(△,9)	(△,11)
1	(△,8)	(○,7)	(○,10)	(○,9)	(○,13)
2	(○,6)	(○,7)	(○,12)	(○,11)	(○,10)
3	-	-	-	-	-

0週3日の発注量を決める直前での在庫量は 78 である.

△部分の総和は $9 + 11 + 8 = 28$, ○部分の総和は $7 + 10 + 9 + 13 + 6 + 7 + 12 + 11 = 75$ である. すると (3) より $x_{3+11} = 78 + Q_3 + 20 - 28 - 75 = Q_3 - 5$ となる. すると, L 日後の在庫を 0 にする発注量 Q_3 は $Q_3 = 5$ である.

4 数値実験

3.3節で述べた定式化を用いて

- 発注した製品が納入される日の目標在庫量を変えた場合の数値の比較
- 納入コストを変化させた場合の比較

- ペナルティコストを変化させた場合の比較
- 需要リードタイムを変化させた場合の比較
- 供給リードタイムを変化させた場合の比較
- 受注量の平均を変化させた場合の比較
- 納入コストとペナルティコストの比を変化させた場合の比較
- 受注量に内示量との相関がある場合
- 内示から受注への分散を変化させた場合の比較
- 受注量の分布を変えた場合の比較

を行った。内示が出されていない場合は、今までに確定した受注量の平均を平均とする分布であると仮定する。

内示を用いない場合は、内示量が存在せず確定した受注量のみが与えられることになる。例えば表 10 のように表される場合、-で記載されている部分はこれまでの受注量の平均を用いて発注量を求めた。

表 10 内示を用いない場合の生産に関する情報

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		▲	△	△	△	-	-	-	-	-	-	-	☆	-	-	-	-	-	-	-

また実験環境は表 11 の通りである。

表 11 実験環境

CPU	3.2 GHz Intel Core i5
OS	macOS High Sierra 10.13.1
メモリ	16GB
言語	matlab(R2018b)

実験を行うにあたり、基本的な条件を表 12 にまとめる。

表 12 実験の基本的な条件

条件 1	40 日分の内示量と受注量のデータを用意し、そのうち 21 日から 40 日にかかる生産コストの総和を計算した
条件 2	内示量は平均が 10, 分散が 2 の正規分布に従った乱数を使って生成した
条件 3	受注量は平均が内示量, 分散が 2 の正規分布に従った乱数を使って生成した
条件 4	条件 3 の乱数により生成した内示量と受注量の小数点以下の数字は内示量に近い方の整数へ丸めた
条件 5	開始時に決まっている発注量, 注文量はすべて 10 とした

実験に用いる基本的な初期値は表 13 の通りである。

表 13 実験の基本的な初期値

N	計画期間 (日) $N \in \mathbb{N}$	40
c	単位数量当たりの納入コスト $c \in \mathbb{N}$	2
s	単位数量当たりの価格 $s \in \mathbb{N}$	$2c$
h	1日1単位当たりの保管コスト $h \in \mathbb{N}$	1
b	1日1単位当たりのペナルティコスト $b \in \mathbb{N}$	10
l	需要リードタイム ($l < L, l > 0$)	3
L	供給リードタイム ($l < L$)	11
k^*	初期状態で内示が出ている回数 $k^* \in \mathbb{N}$	2
k	内示が1回に出す日付の長さ $k \in \mathbb{N}$	5
i^*	内示が初めて出される日 $i^* \in \mathbb{N}_+$	3
x_0	初期在庫	30

4.1 実験 1(発注した製品が納入される日の目標在庫量を変えた場合)

x_{i+L} の期待在庫量が t となるような発注量 Q_i を $Q_i^*(t)$ として, 表 12 の条件で実験を行った.

シミュレーションによって $Q_i^*(0)$ から $Q_i^*(10)$ までの, 生産コスト, 売上高, ペナルティが発生した日数の 3 つの値についてそれぞれ異なるインスタンスで 100 回計算し, その平均をみた.

それぞれの $i+L$ 日における期待在庫水準 t について生産コスト, 売上高, ペナルティが発生した日数を示した. ペナルティが発生した日数とは, 受注に対して在庫が足りなくなり, 在庫数が 0 未満になったことを表している.

生産コスト, 売上高, ペナルティが発生した日数の変化をグラフにしたものをそれぞれ図 4, 図 5, 図 6 に示した.

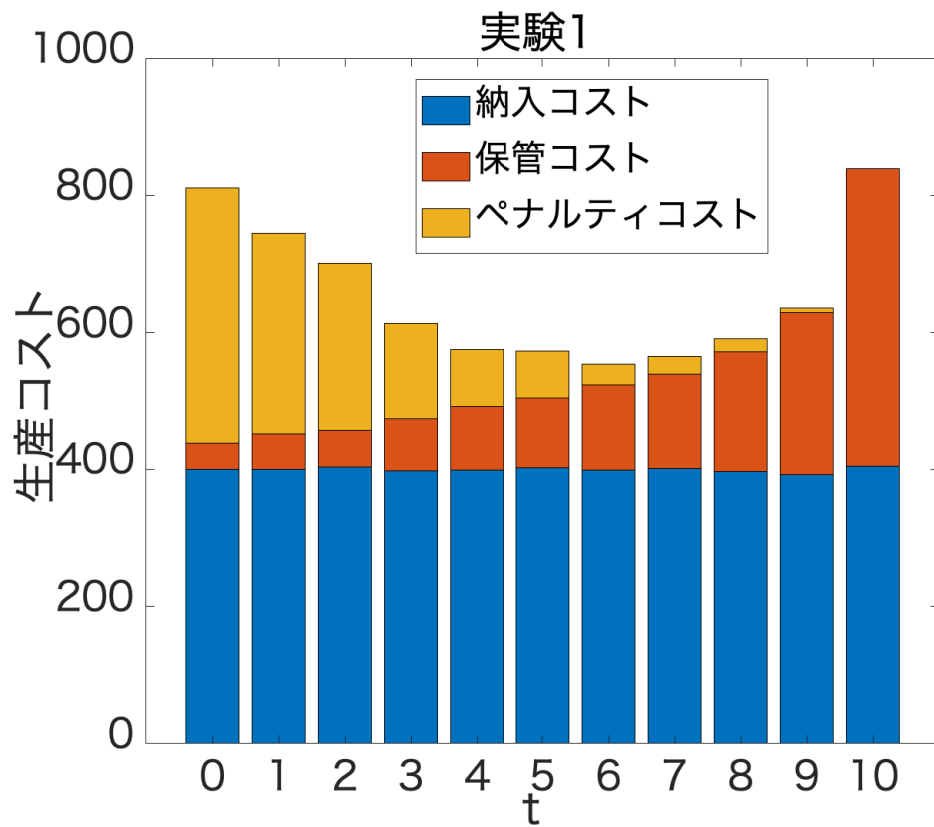


図4 実験結果1(生産コスト)

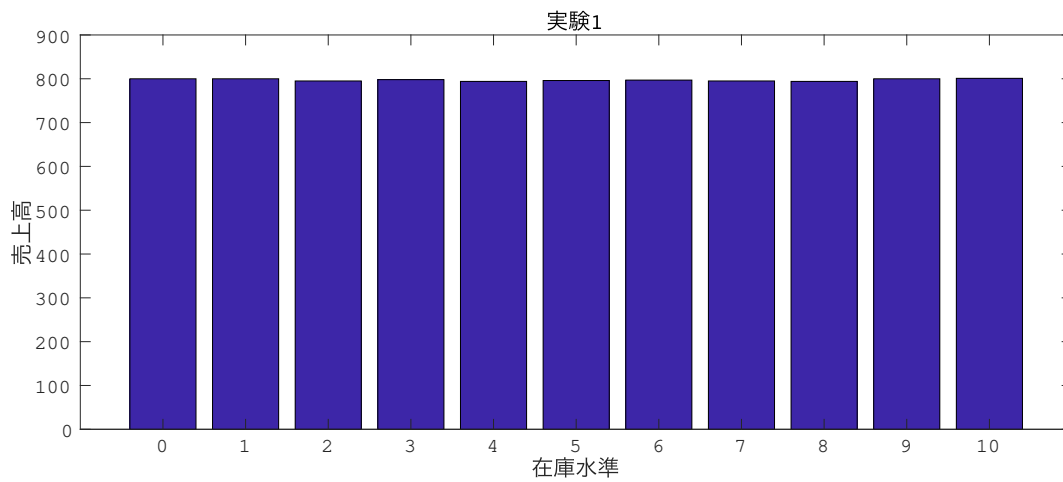


図5 実験結果1(売上高)

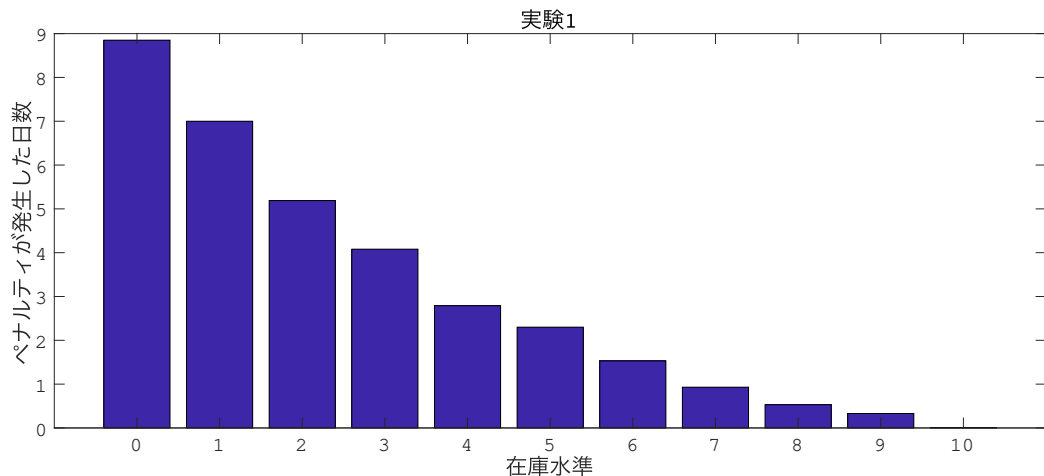


図6 実験結果 1(ペナルティが発生した日数)

期待在庫量を0から10に増やすにつれて、発生する生産コストは一旦減少しており、期待在庫量が6となる所を境に生産コストが増加していることがわかる。納入コストは期待在庫量の変化に影響がなく、期待在庫量が小さいほどペナルティコストが増大し、期待在庫量が大いほど、保管コストが増大していることがわかる。納入コストの総和はそのときに発生した受注量によって変化する。また、期待在庫量が小さいほど在庫量が0未満になる確率が増え、大いほど在庫量が0未満になる確率が減る。よってこの結果は妥当であると言える。生産コストが一旦減少しているのは、期待在庫量を増やすと、保管コストが発生する可能性が増え、ペナルティコストが発生する可能性が低くなるが、保管コストの方が値を低く設定しているためであると思われる。図6を見ると、期待在庫量を増やすにつれて、ペナルティコストが発生する可能性が低くなっている。期待在庫量を増やすにつれて、

- 納入コストは影響がない。
- 在庫コストは一貫して増大する。
- ペナルティコストは一貫して減少する。

という構造になっている。

売上高について、期待在庫量を0から10に増やしても、売上高が変化することはなく、ほぼ横ばいの数値をとった。これは、売上高は受注量に応じて発生するが、実験1では受注量について期待在庫量が0が10のすべての場合について同じ条件で実験を行っているため、結果として売上高に影響することはなかったからである。

ペナルティコストが発生した日数について、期待在庫量を0から10に増やすにつれて減少していた。これは在庫量に余裕を持たせた為、在庫が足りなくなることが少なくなったからである。

実験2以降では在庫を6だけ余裕を持たせた場合で実験を行った。

4.2 実験 2(納入コストを変化させた場合)

表 12 の条件で納入コスト c を 1 から 9 まで変化させ、生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の 3 つの値について内示を用いる場合と用いない場合でそれぞれ異なるインスタンスで 100 回計算し、その平均をみた。

実験に用いた初期値は納入コスト c 以外は表 13 の通りである。

それぞれの納入コストについて生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数を示した。

生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の変化をグラフにしたものをそれぞれ図 7, 図 8, 図 9, 図 10 に示した。図 9, 図 10 のグラフでは青棒が内示を用いた場合、黄棒が内示を用いない場合を示している。

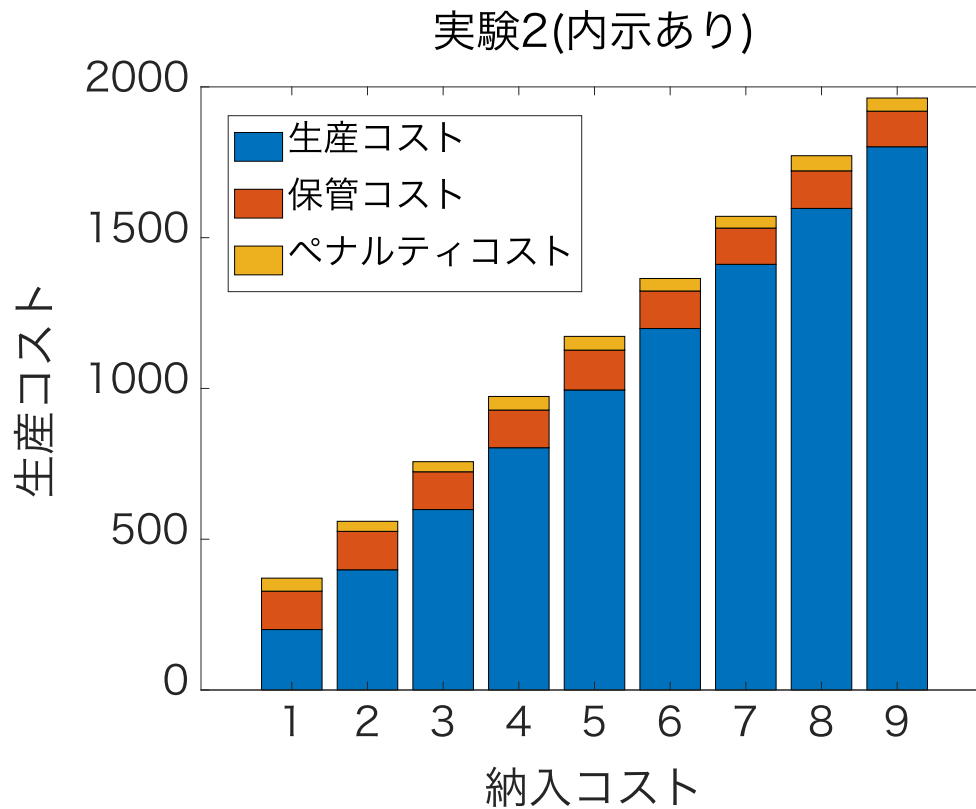


図 7 実験結果 2(生産コスト (内示あり))

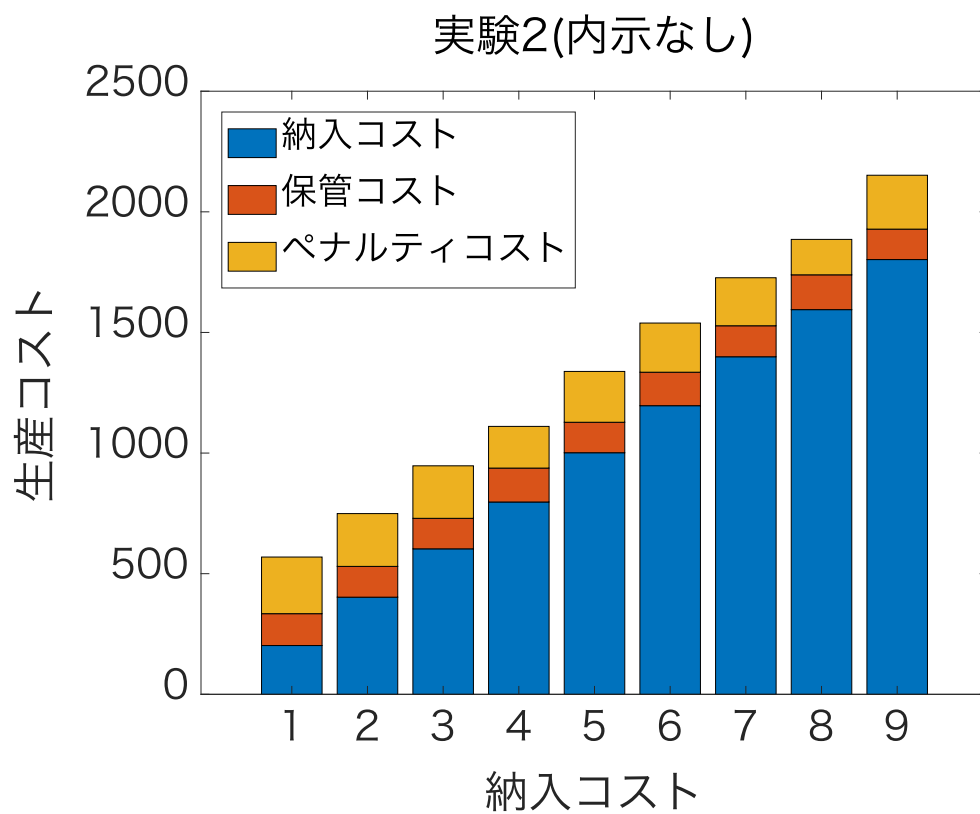


図8 実験結果 2(生産コスト (内示なし))

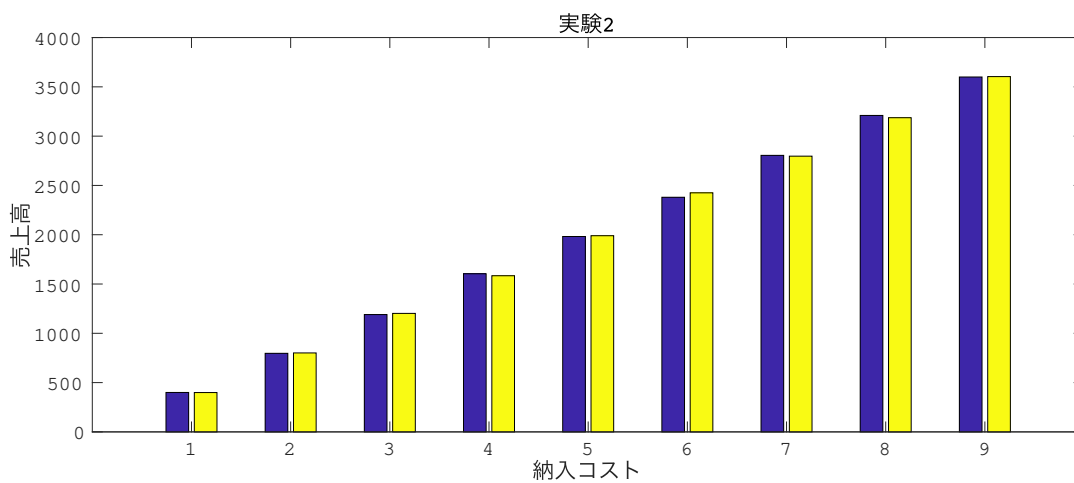


図9 実験結果 2(売上高)

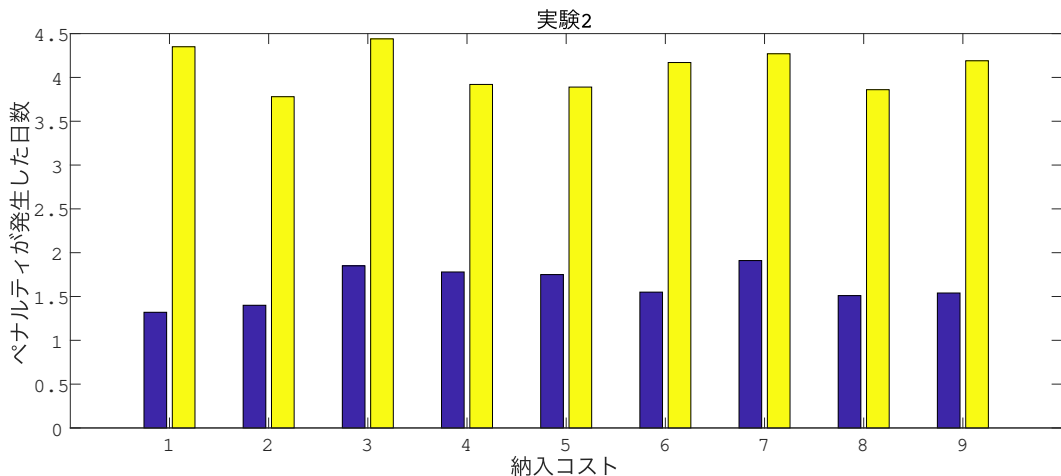


図 10 実験結果 2(ペナルティが発生した日数)

生産コストについて、納入コストを 1 から 9 に増やすにつれて、内示を用いる場合と用いない場合の両方で生産コストが増加し、増加の仕方が概ね線形であることがわかった。これは生産コストを構成する要素が納入コスト、保管コスト、ペナルティコストの 3 つのみであり、保管コストとペナルティコストの条件は変えておらず、受注量の条件も変えていないからである。

内示を用いた場合と用いない場合を比べると、内示を用いた場合の方が生産コストが抑えられていることがわかった。内示を用いた場合だとそのときの内示量を基にして計算するが、内示を用いない場合だと今まで確定した受注量を元にして計算をするため、計算の結果と確定する受注量に差ができてしまう。よって余分な保管コストやペナルティコストが発生してしまうからである。実際、内示を用いる方よりも用いない方が、常にペナルティコストが多く発生していることがわかる。

売上高について、納入コストを増やすにつれて、生産コストと同じように増加して、その増加の仕方も概ね線形であるが、内示を用いる場合と用いない場合の両方でほぼ同じ結果となった。その理由について、売上高の計算はあくまで実際の受注量に対して行われる。受注量についてはどちらの場合も条件が同じであるため、結果として売上高も同じになったからである。増加の仕方が概ね線形になっていることについては、製品 1 個の価格を納入コストの 2 倍に設定しているため、納入コストを 2 倍、3 倍、…とすると、売上高も 2 倍、3 倍、…となるからである。

ペナルティコストが発生した日数について、内示を用いたほうが、内示を用いない場合より少ないことがわかる。これは、内示によってその日の受注量がある程度見積もることができると、ペナルティコストが発生しにくかったのではないと思われる。図 10 を見ると、ペナルティコストが発生した日数は納入コストが増えても大きく変化することはない。これは、納入コストが増加しても受注量に変化することはなく、ペナルティコストが発生する日に変化はないからである。

4.3 実験3(ペナルティコストを変化させた場合)

表12の条件でペナルティコスト b を5から15まで変化させ、生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の3つの値について内示を用いる場合と用いない場合でそれぞれ100回計算し、その平均をみた。

実験に用いた初期値はペナルティコスト b 以外は表13の通りである。

それぞれのペナルティコストについて生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数を示した。

生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の変化をグラフにしたものをそれぞれ図11、図12、図13、図14に示した。図13、図14のグラフでは青棒が内示を用いた場合、黄棒が内示を用いない場合を示している。

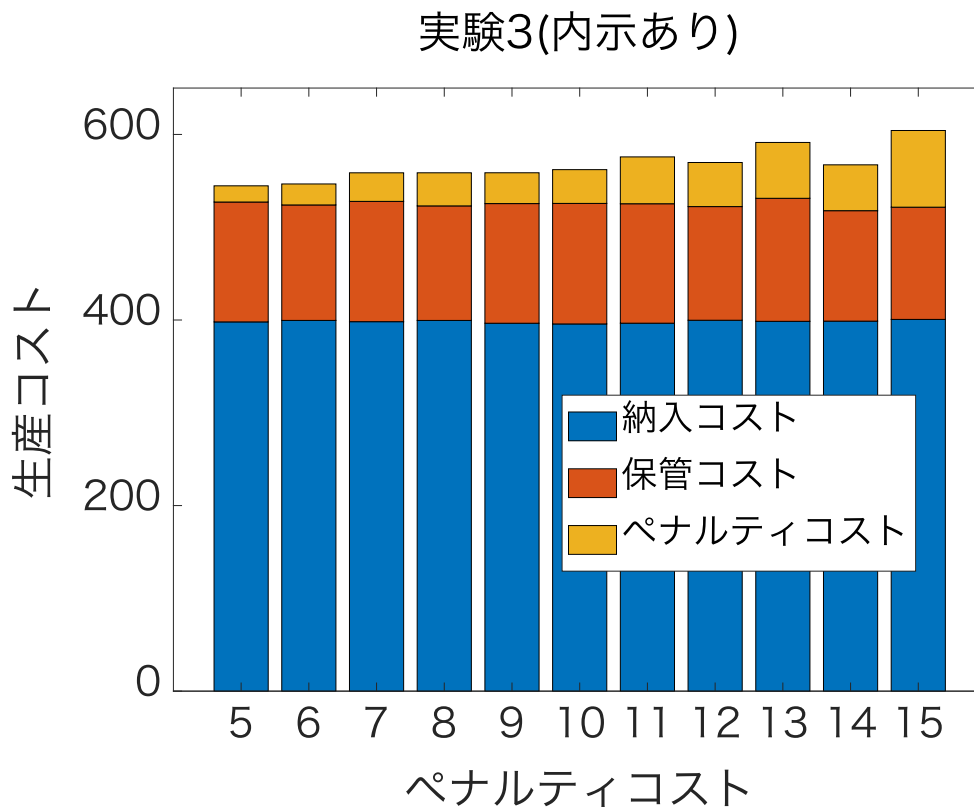


図11 実験結果3(生産コスト(内示あり))

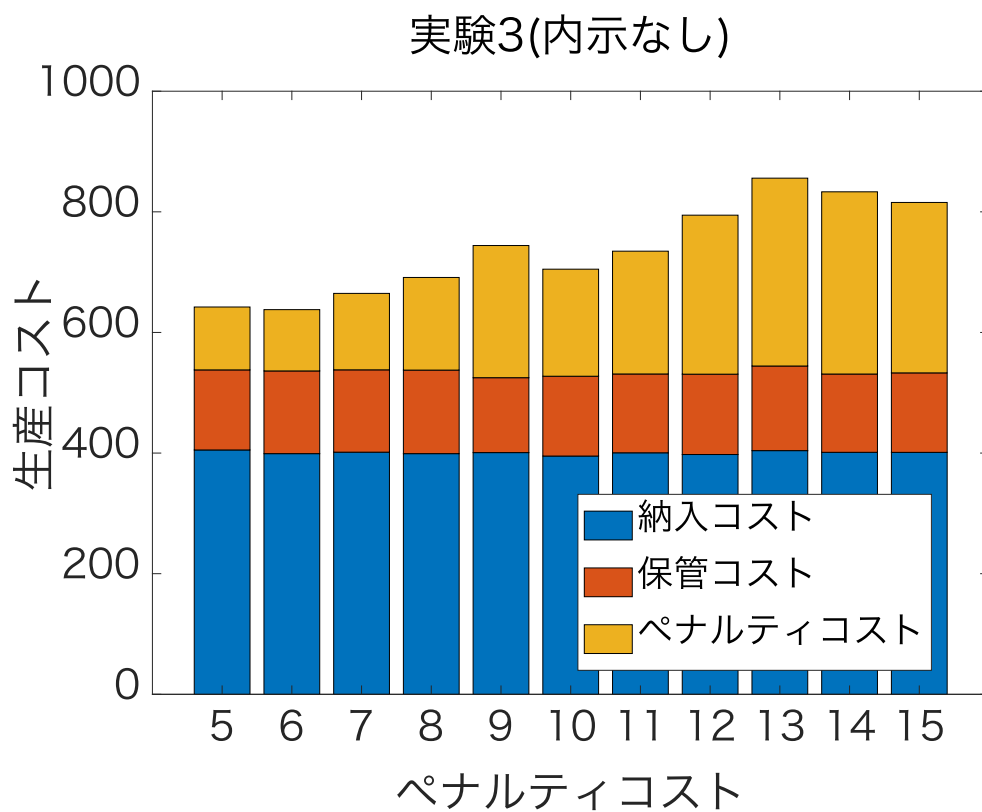


図 12 実験結果 3(生産コスト (内示なし))

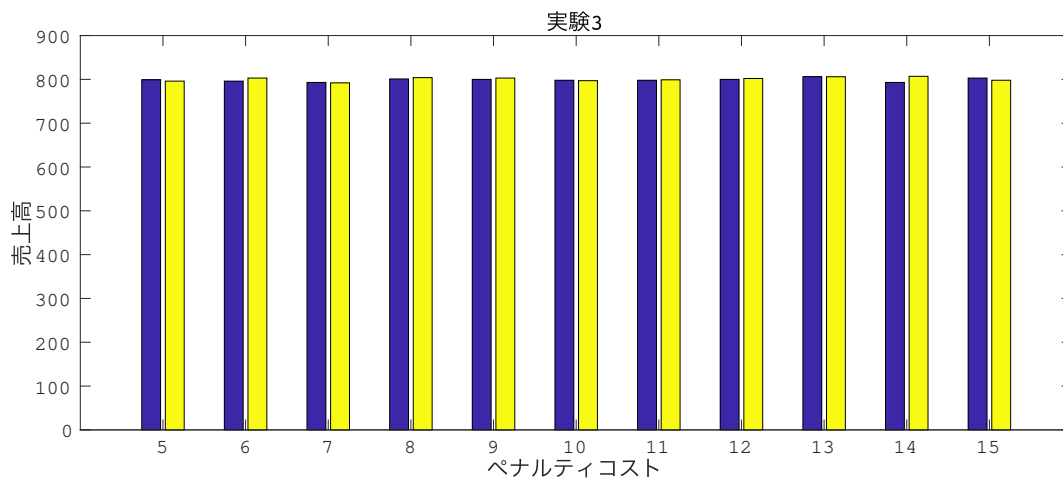


図 13 実験結果 3(売上高)

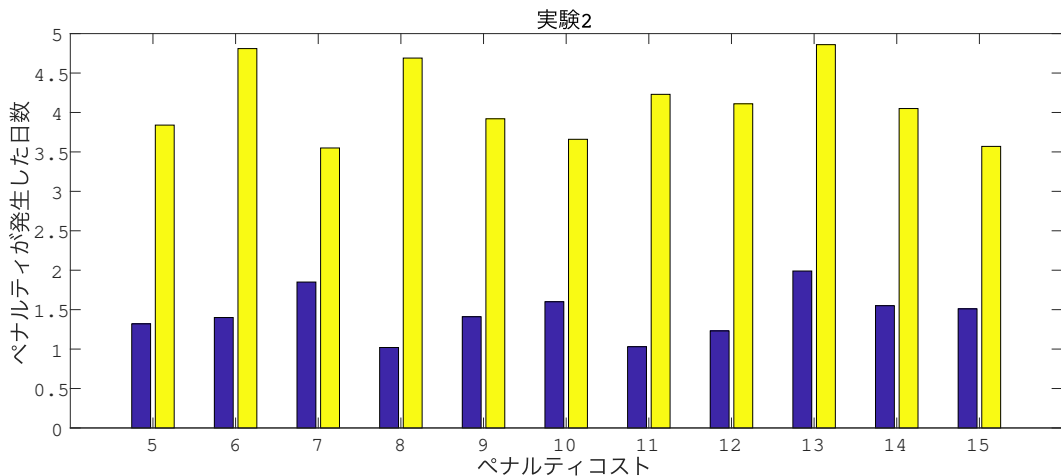


図 14 実験結果 3(ペナルティが発生した日数)

生産コストについて、ペナルティコストを増やすにつれて、内示を用いる場合と、用いない場合ともに少しずつ増加していた。これは、ペナルティコストが増加した分である。また、内示を用いる場合の方が、内示を用いない場合よりも生産コストが抑えられていることがわかる。これは内示によって受注量がある程度わかっているため、在庫が足りないということが少なく、ペナルティコストも抑えられているからである。また、内示を用いない方がペナルティコストの発生が多いので、ペナルティコストを増加させると内示を用いるときよりも生産コストが大きく増加する。

売上高について、ペナルティコストを増やしても、内示を用いる場合と用いない場合で共に横ばいでどちらも同じような値を取っていることがわかる。これは実験 1 と同じように、受注量に変化していないため、売上高も変わらなかったからである。

ペナルティコストが発生した日数について、内示を用いた方が内示を用いない場合より少ないこと、またそれぞれで若干のばらつきがあることがわかる。これは実験 2 と同じように、内示によって受注量を見積もることができ、受注量の分散によってばらつきが出ているからである。

4.4 実験 4(需要リードタイムを変化させた場合)

表 12 の条件で需要リードタイム l を 1 から 11 まで変化させ、生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の 3 つの値について内示を用いる場合と用いない場合でそれぞれ 100 回計算し、その平均をみた。

実験に用いた初期値は需要リードタイム l 以外は表 13 の通りである。

それぞれの需要リードタイムについて生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数を示した。

生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の変化をグラフにしたものをそれぞれ図 15, 図 16, 図 17, 図 18 に示した。図 17, 図 18 のグラフでは青棒が内示を用いた場合、黄棒が内示を用いない場合を示している。

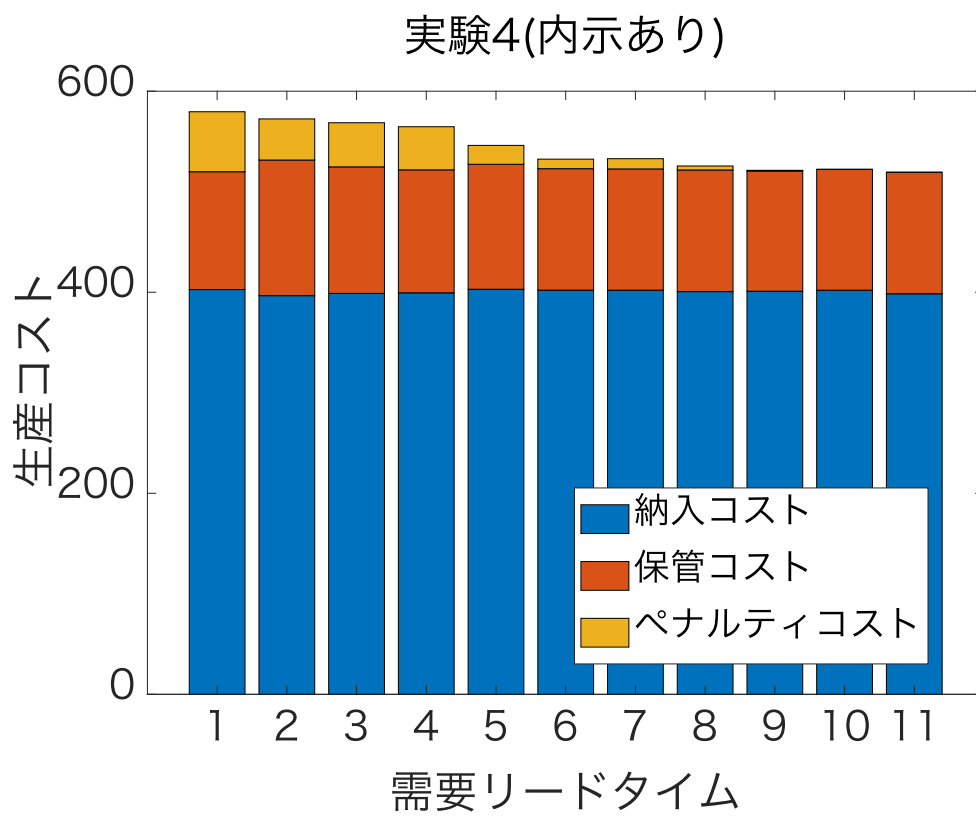


図 15 実験結果 4(生産コスト (内示あり))

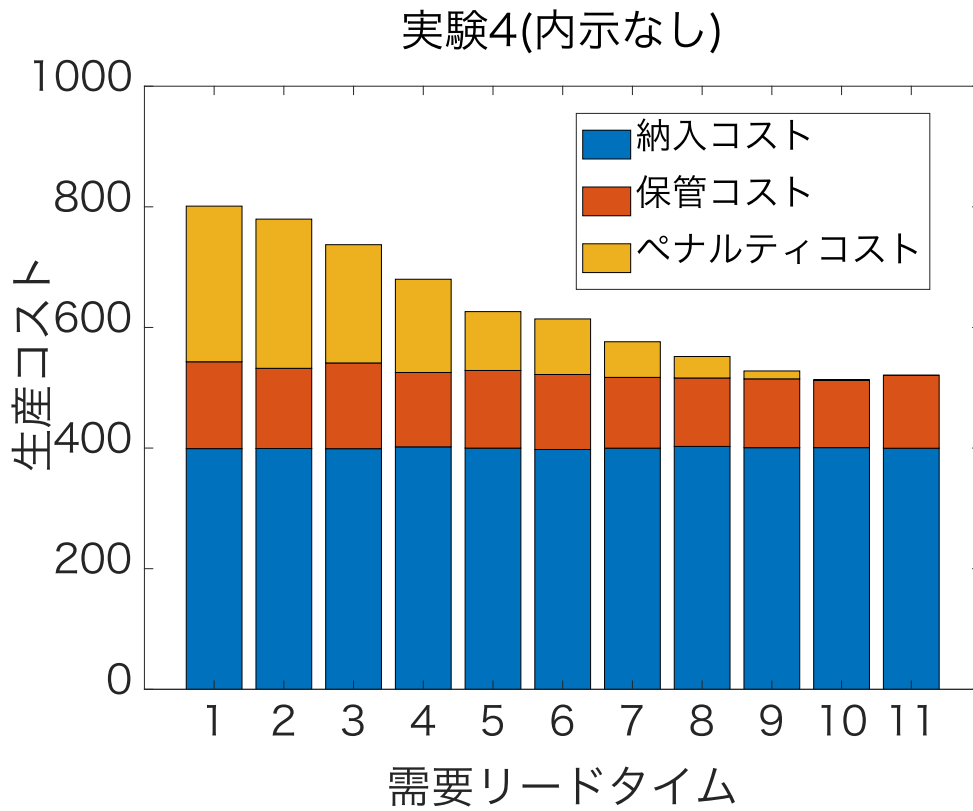


図 16 実験結果 4(生産コスト (内示なし))

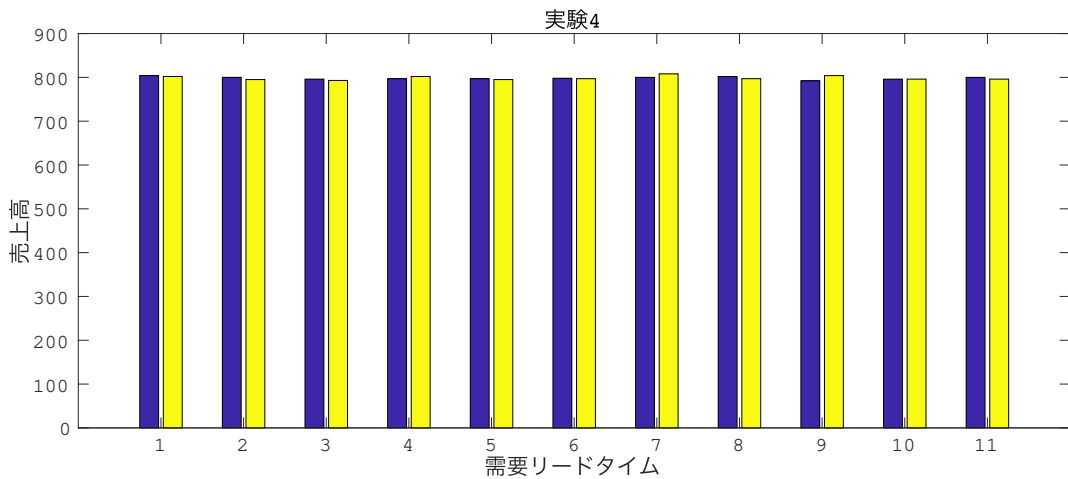


図 17 実験結果 4(売上高)

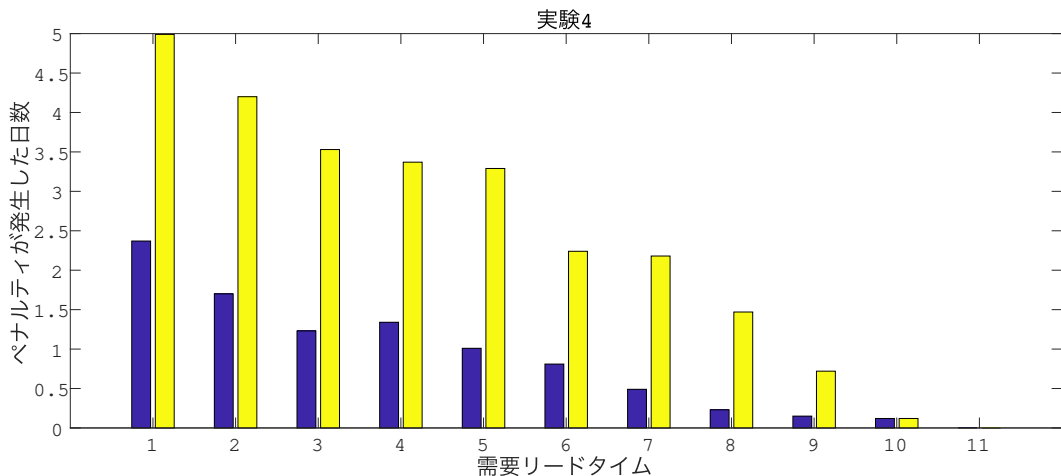


図 18 実験結果 4(ペナルティが発生した日数)

生産コストについて、需要リードタイムを大きくしていくと、内示を用いる場合と用いない場合の両方で減少していることがわかる。これは、需要リードタイムを大きくしていくと、供給リードタイムに近づく。供給リードタイムに近づく、内示だけがわかっている日もしくは内示が出されていない日が少なくなるため、在庫に与える影響が少なく、保管コストやペナルティコストが抑えられたからである。

また、内示を用いた方が、用いない場合よりも生産コストが全体的に抑えられていることがわかる。これは、内示によって受注量のある程度見積もることができ、ペナルティコストを抑えられたからだと思われる。

売上高について、需要リードタイムを大きくしても内示を用いる場合と用いない場合のどちらも同じような値で横ばいになっている。これは、需要リードタイムは受注量に影響を与えることがなく、どの条件でも受注量はほぼ同じだからである。

ペナルティコストが発生した日数について、内示を用いる場合と用いない場合のどちらも需要リードタイムが大きくなるにつれて減少していることがわかる。これは、生産コストの場合と同じく、需要リードタイムを大きくしていくと、内示だけがわかっている日もしくは内示が出されていない日が少なくなるからである。内示を用いる場合の方がペナルティコストが発生した日数が少ないのは、内示によって受注量を見積もることができたからだと思われる。

需要リードタイムと供給リードタイムが一致すると、受注が確定してから製品を生産すればいいため、ペナルティコストが発生しなくなる。これは、需要リードタイムが 11 のときに供給リードタイムと一致しており、内示を用いた場合と用いない場合の両方でペナルティコストが発生した日が 0 であることからわかる。

4.5 実験 5(供給リードタイムを変化させた場合)

表 12 の条件で供給リードタイム L を 5 から 15 まで変化させ、生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の 3 つの値について内示を用いる場合と用いない場合でそれぞれ 100 回計算し、その平均をみた。

実験に用いた初期値は供給リードタイム L 以外は表 13 の通りである.

それぞれの供給リードタイムについて生産コスト, 売上高, ペナルティが発生した日数を示した.

生産コスト, 売上高, ペナルティが発生した日数の変化をグラフにしたものをそれぞれ図 19, 図 20, 図 21, 図 22 に示した. 図 21, 図 22 のグラフでは青棒が内示を用いた場合, 黄棒が内示を用いない場合を示している.

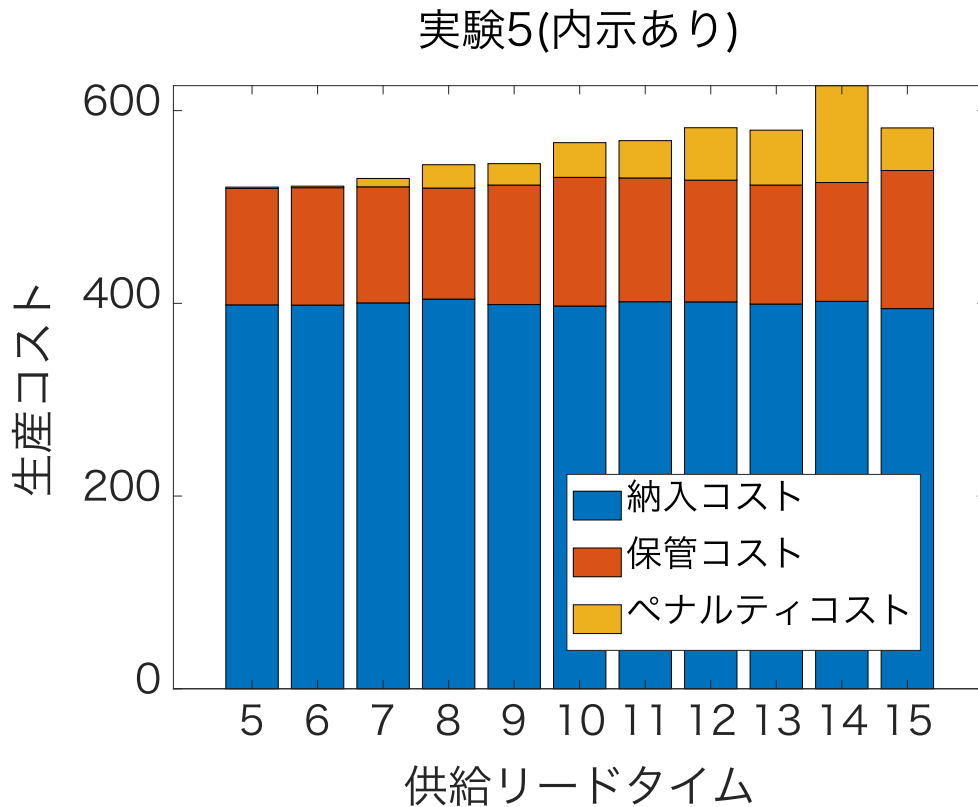


図 19 実験結果 5(生産コスト (内示あり))

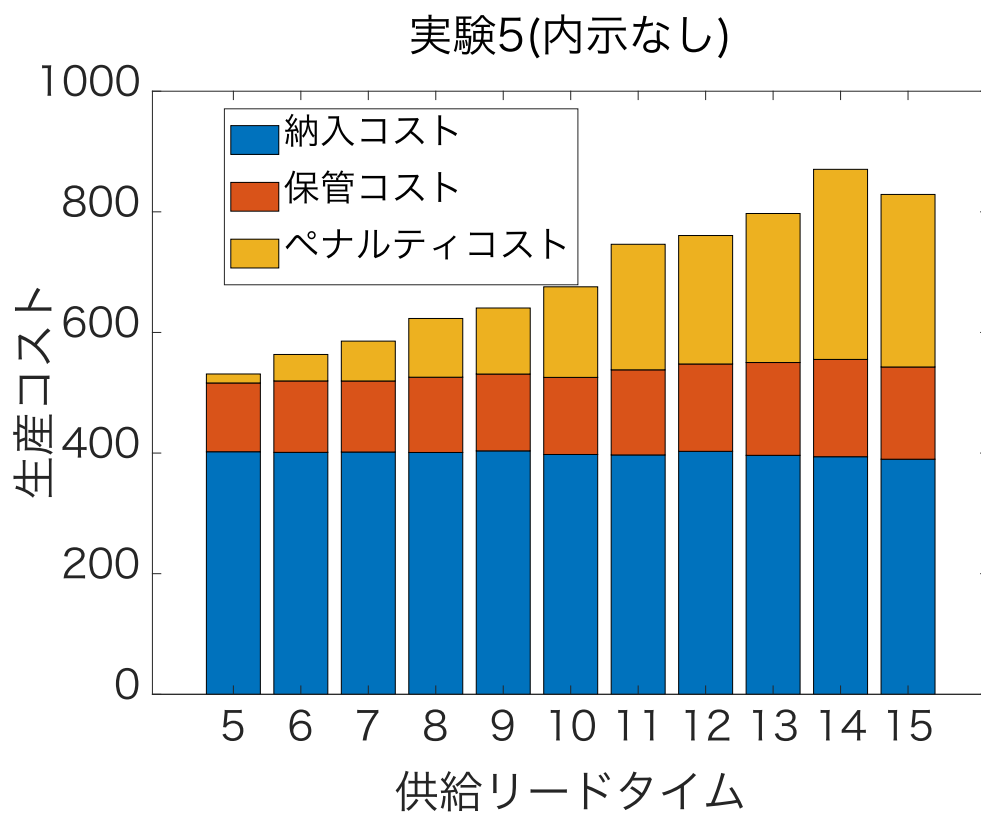


図 20 実験結果 5(生産コスト (内示なし))

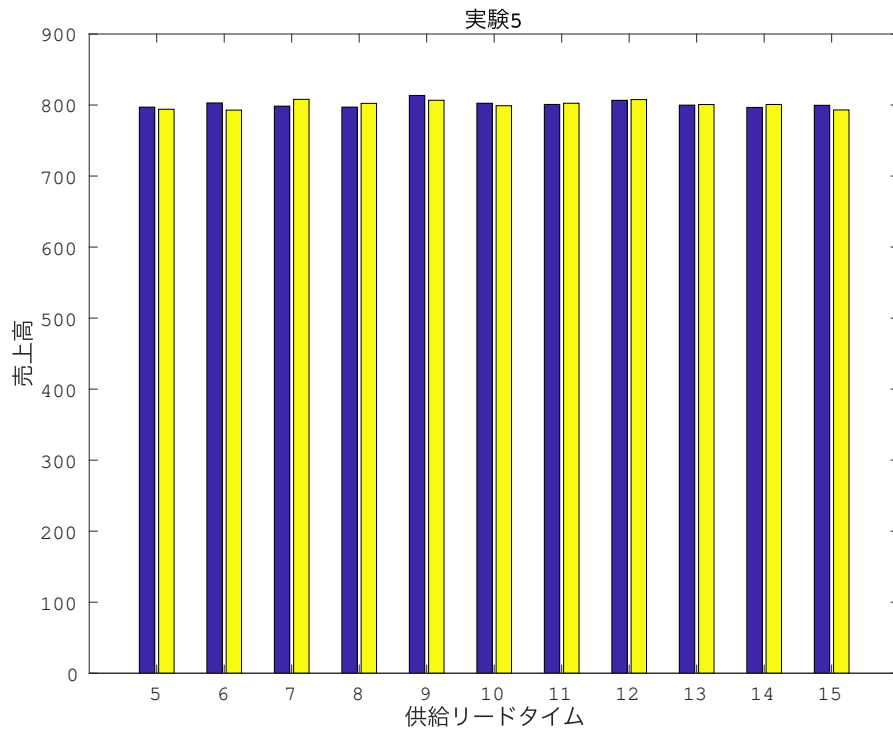


図 21 実験結果 5(売上高)

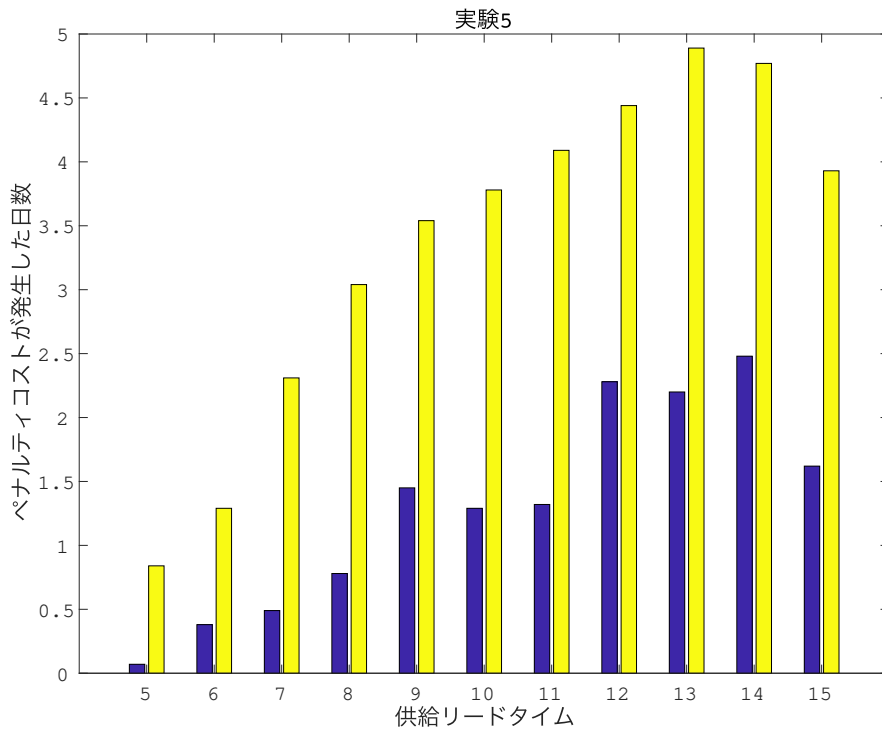


図 22 実験結果 5(ペナルティが発生した日数)

生産コストについて、供給リードタイムを増加させるにつれて内示を用いる場合と用いない場合の両方で生産コストが増加していることがわかる。この理由として、供給リードタイムを増加させると、需要リードタイムと供給リードタイムの差が大きくなる。発注から納入までの期間に受注量が確定せず内示だけがわかっている日や内示がわかっていない日が多くなる。よって実際の受注量とのズレが大きくなってしまい、保管コストやペナルティコストが多く発生してしまう。内示を用いた方が内示を用いない場合に比べて生産コストが抑えられているのは、内示を元にした受注量の場合では、内示を用いた方が計算の際に用いた受注量と実際の受注量の乖離が少なくなったからである。

売上高について、内示を用いた場合と内示を用いない場合の両方で、ほぼ同じであり、それぞれ供給リードタイムが増えるにつれて横ばいであることがわかる。これは、売上高は受注量によって定まるものであり、供給リードタイムを変化させることによって変化するものではないということが言える。

ペナルティコストが発生した日数について、内示を用いた場合と用いない場合のどちらも供給リードタイムが増えるにつれて増加していることがわかる。これは供給リードタイムと需要リードタイムの差が大きくなるからだと思われる。表には載せていないが、実験3と同じように供給リードタイムを3として実験を行うとペナルティが発生する日数が0になることを確認した。

4.6 実験 6(受注量の平均が内示量と異なる場合)

表 12 の条件 3 を除いた条件で受注量の平均を 1 から 20 まで変化させ、それぞれ分散は 2 である乱数に従って生成した。生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の 3 つの値について内示を用いる場合と用いない場合でそれぞれ 100 回計算し、その平均をみた

実験に用いた初期値は表 13 の通りである。

それぞれの発注コストについて生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数を示した。

生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の変化をグラフにしたものをそれぞれ図 23, 図 24, 図 25, 図 26 に示した。図 25, 図 26 のグラフでは青棒が内示を用いた場合、黄棒が内示を用いない場合を示している。

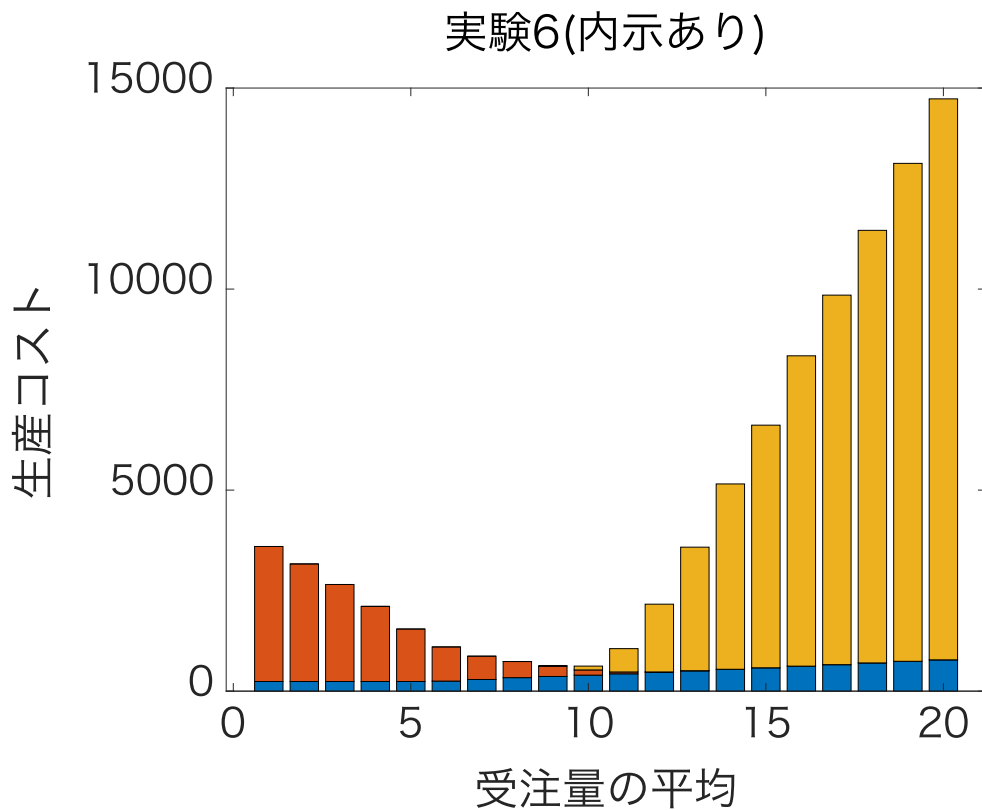


図 23 実験結果 6(生産コスト (内示あり))

実験6(内示なし)

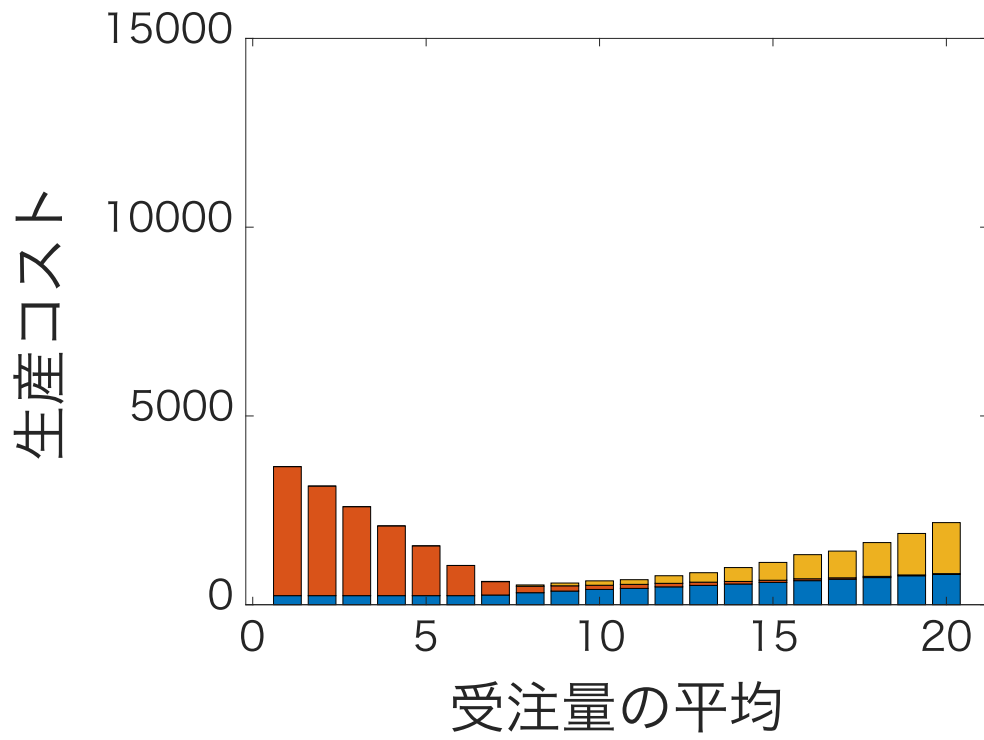


図 24 実験結果 6(生産コスト (内示なし))

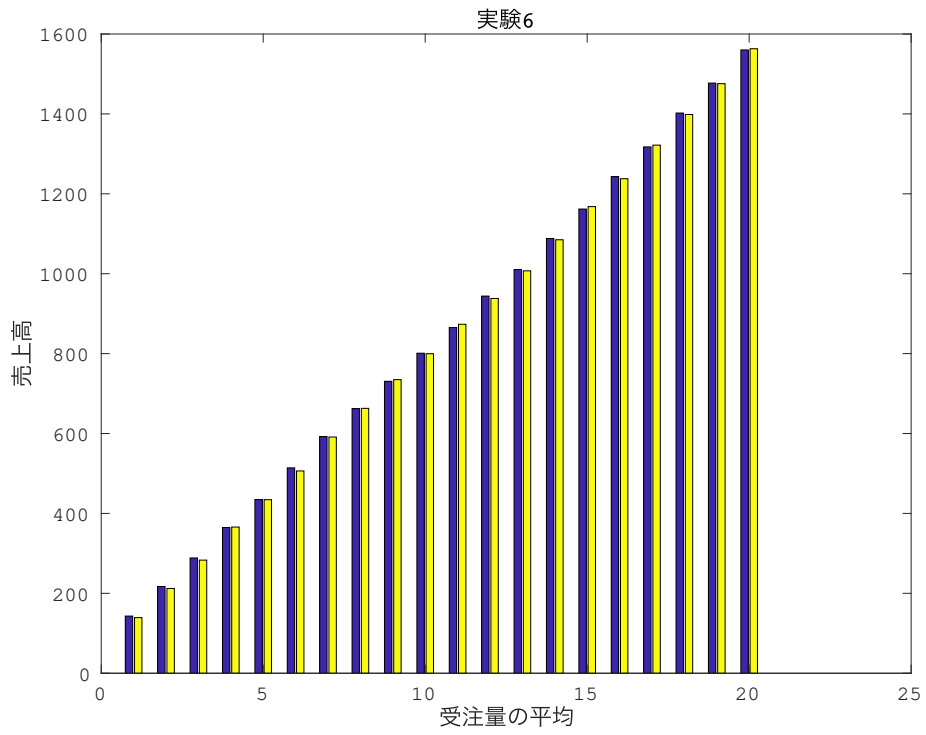


図 25 実験結果 6(売上高)

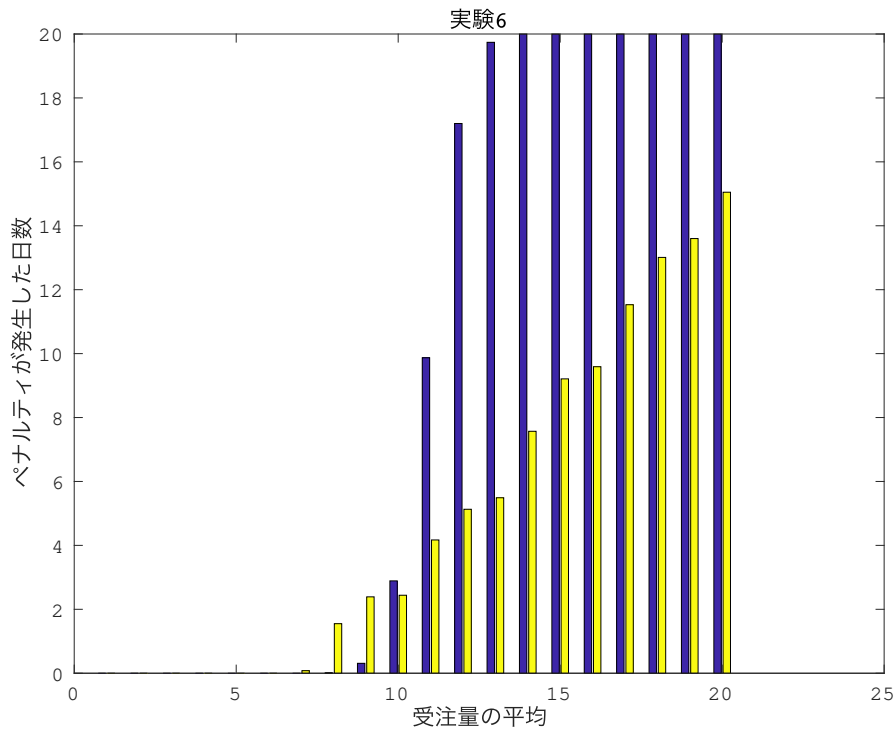


図 26 実験結果 6(ペナルティが発生した日数)

生産コストについて、内示を用いた場合と用いない場合の両方で受注量の平均が増えるにつれて、一旦は生産コストが減少し、その後、増加していることがわかる。今回、内示量の平均を 10 として実験を行っているので、受注量の平均が 10 より小さいと保管コストが多くかかってしまう。また受注量の平均が 10 より大きいとペナルティコストが多くかかってしまい、生産コストが増大した。受注量の平均が 10 より小さいとき、内示を用いた場合と用いない場合で生産コストがほぼ同じ値である。これは、実験で在庫が 6 余るようにしており、常にその状態の保管コストが発生しているため、どちらも同じ値を取っている。

実験 1 より期待在庫量が 6 である状況を考えているので、受注量の平均が 10 のとき生産コストが最も小さくなるのが理想である。今回は 9 のとき最も小さくなったが、受注量の平均が 9 と 10 で生産コストがほぼ同じなため、乱数による誤差の範囲内である。

内示を用いる場合と用いない場合を比べると、受注量の平均が小さい間の生産コストはほぼ同じだが、受注量が大きくなると内示を用いる場合の方が用いない場合より生産コストが多くかかっている。これは内示を用いる場合は常に内示を元に発注量を決めているため、内示と大きく異なる受注には在庫が不足し、ペナルティコストが発生し続けてしまうと思われる。受注量の平均が 14 を超えると、全ての日でペナルティコストが発生してしまうことからわかる。内示を用いない場合は今までの受注量を元に決めており、かつ初期状態で決まっている受注量は 10 であるため、その分が生産コストに加えられてしまっているからである。

売上高について、内示を用いる場合と用いない場合の両方で、受注量の平均が増えるにつれて、売上高も増加していることがわかる。実際、受注量の平均が 1 増えると、売上高が 70 から

80 ほど増加している。製品の値段は 4 に設定しており、20 日分を考えていることから、この増加分は妥当であると言える。売上高は内示を用いるか用いないかに関係がないということも意味している。

ペナルティコストが発生した日数について、内示を用いる場合と用いない場合のどちらも受注量の平均が増えるにつれて、増加していることがわかる。これは内示を用いた場合だと内示から大きく外れることで在庫が足りなくなることが起きるということである。内示を用いない場合だと実験の条件として「初期状態でわかっている受注量は全て 10 とする」ことを考えている。よって、10 より大きい受注が続くと初期状態の受注量を平均に加えているので、在庫が足りなくなることが起きる。

4.7 実験 7(納入コストとペナルティコストの比を変化させた場合)

表 12 の条件で納入コストと c ペナルティコスト b の比の値を $\frac{1}{10}$ から 10 まで変化させた。生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の 3 つの値について内示を用いる場合と用いない場合でそれぞれ 100 回計算し、その平均をみた。

実験に用いた初期値は納入コストと c ペナルティコスト b 以外は表 13 の通りである。

内示ありと内示なしの場合において、それぞれの納入コストとペナルティコストの比の値について生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数を示した。

生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の変化をグラフにしたものをそれぞれ図 27、図 28、図 29、図 30 に示した。図 29、図 30 のグラフでは青棒が内示を用いた場合、黄棒が内示を用いない場合を示している。

実験7(内示あり)

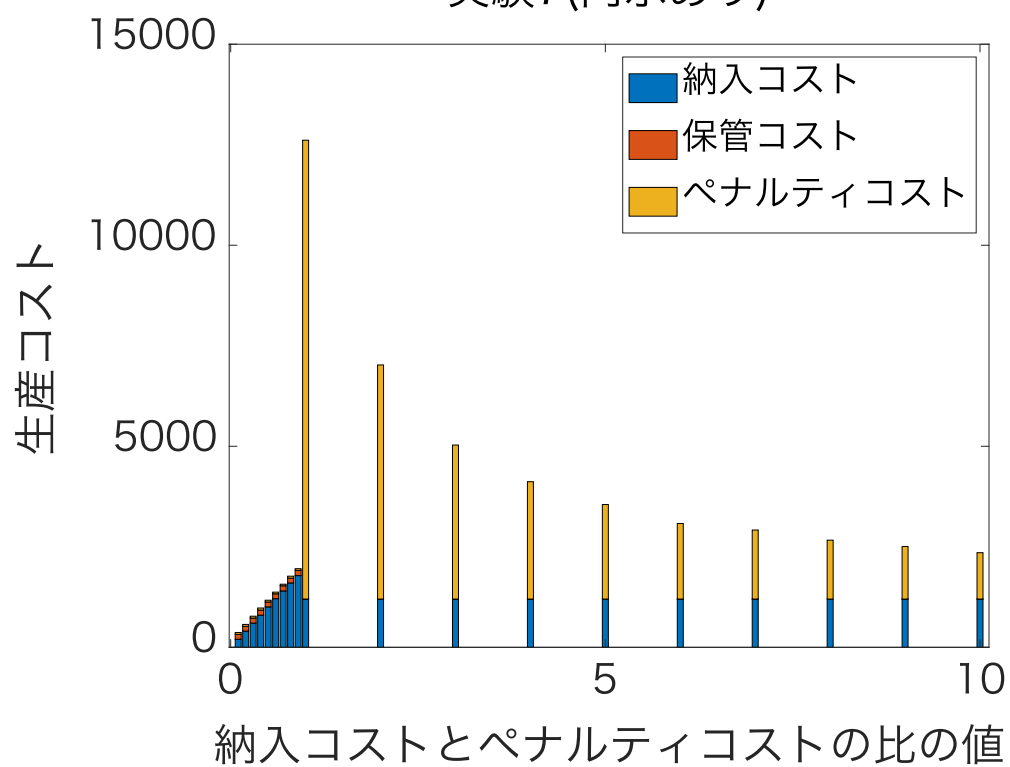


図 27 実験結果 7(生産コスト (内示あり))

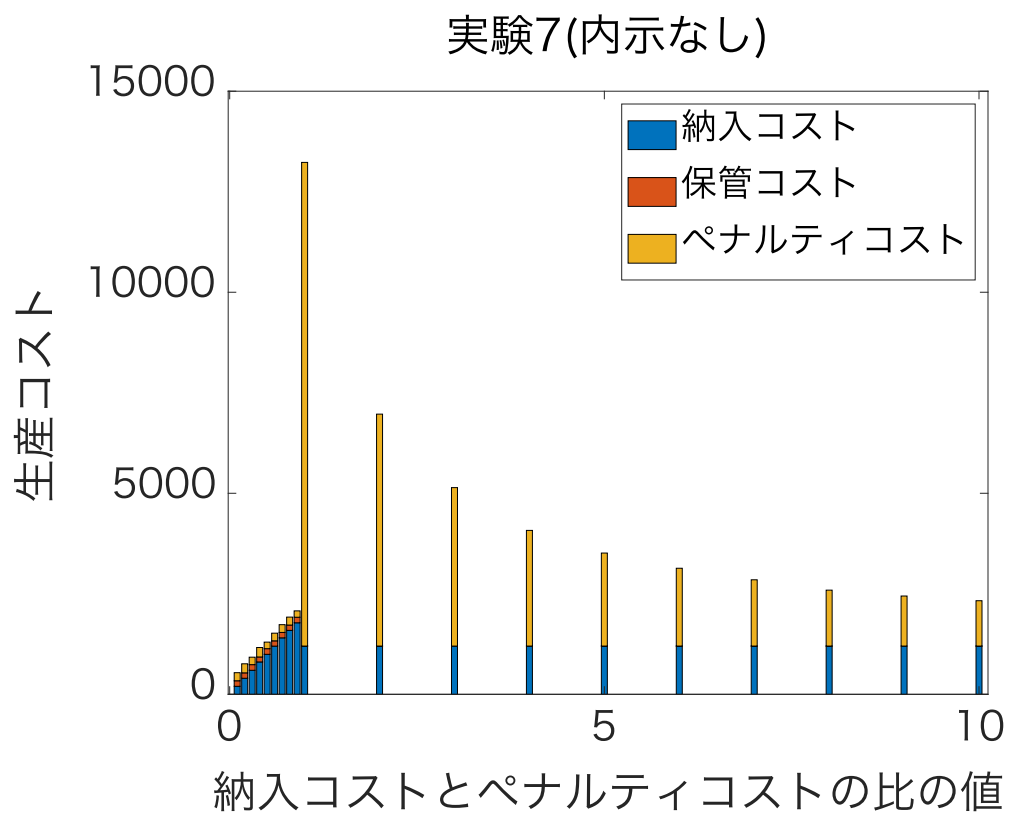


図 28 実験結果 7(生産コスト (内示なし))

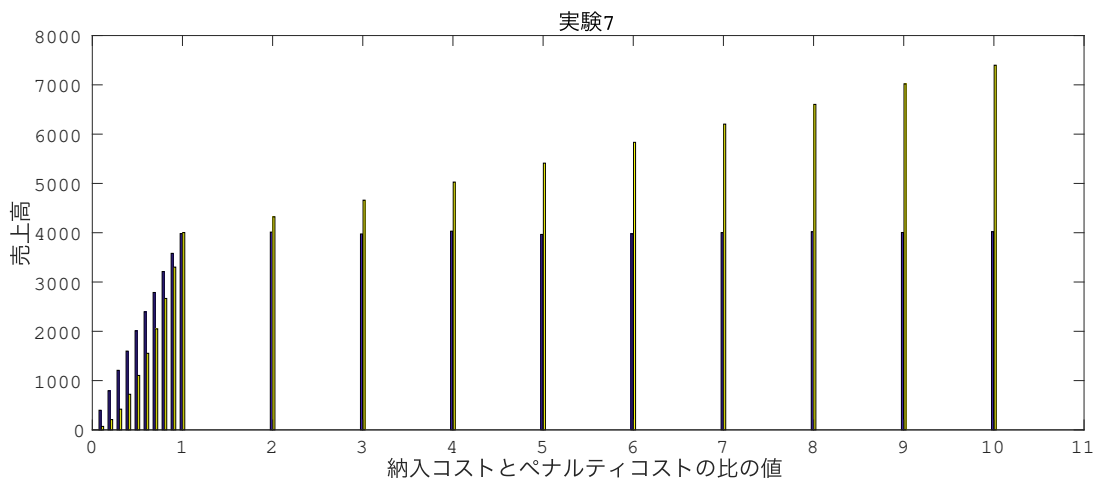


図 29 実験結果 7(売上高)

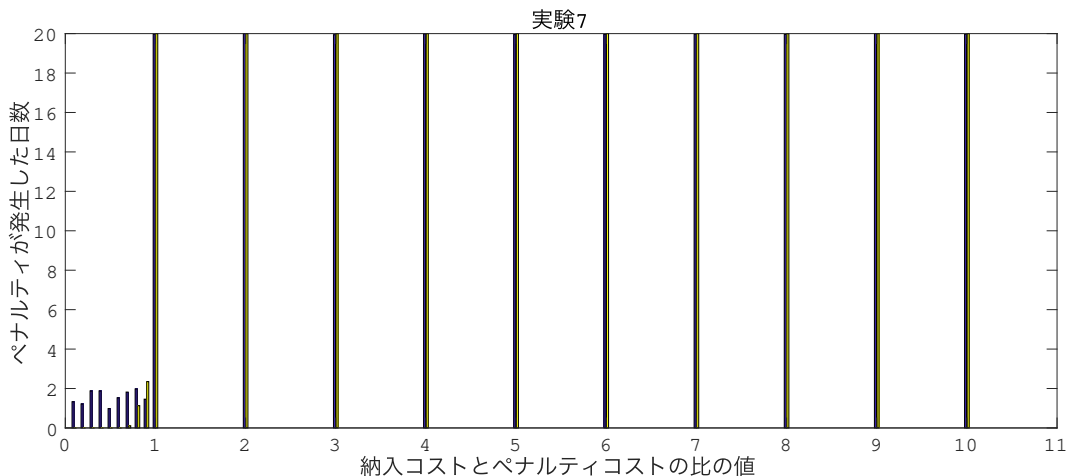


図 30 実験結果 7(ペナルティが発生した日数)

生産コストについて、内示を用いた場合と用いない場合の両方で、納入コストとペナルティコストの比の値が1のときが一番高く、そこから離れるに従って減少している。比の値が1未満のとき、内示を用いた方が生産コストが抑えられている。

内示を用いた場合では、1未満のとき分子が納入コスト、分母がペナルティコストであるため、生産コストが少なくなっているのはパラメータの問題ではないかと思われる。比の値が1以上のときは、ペナルティコストの方が少ないため、発注せずにペナルティコストを発生させた方が生産コストが抑えられるのではないかと思われる。実際、ペナルティコストが発生した日数がほぼ20日である。

内示を用いない場合では、納入コストが小さいと足りないよりは確実に足りなくなることがない方がコストが抑えられるため、ペナルティが発生した日数が0であると思われる。比の値が1のとき最も高くなっているのは、実験時のパラメータを納入コストとペナルティコストそれぞれ10で設定しており、納入コストとペナルティコストの和が一番大きいことが影響してしまっているのではないかと思われる。比の値が1のときペナルティが発生した日数が20であるのは、納入コストとペナルティコストが同じだと発注してもしなくてもよく、さらに納入すると保管コストが発生する可能性があるため、ペナルティコストを1回発生させた方が生産コストを抑えられるためだと思われる。比の値が1未満のとき小さい方が生産コストが大きくなっているのは、実験の条件で初期状態でわかっている受注量は全て10としており、それが受注量の平均を計算する際に影響している。

全体的に内示を用いた方が生産コストが抑えられている。比の値を変えても内示を用いた方が受注量の見積もりがしやすくなっているということであるとわかる。

売上高に関して、内示を用いる場合と用いない場合の両方で、売値を納入コストの2倍に設定しているため、納入コストが小さいと売上高も小さくなるのがわかる。

4.8 実験 8(受注量に内示量との相関がある場合)

表 12 の条件 3 を除いた条件で受注量の平均を内示量に比べて -5 から +5 まで変化させ、分散はそれぞれ 2 とする。生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の 3 つの値について内示を用いる場合でそれぞれ 100 回計算し、その平均をみた

実験に用いた初期値は表 13 の通りである。

それぞれの受注量の平均と内示量の差について、生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数を示した。

生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の変化をグラフにしたものをそれぞれ図 31, 図 32, 図 33 に示した。

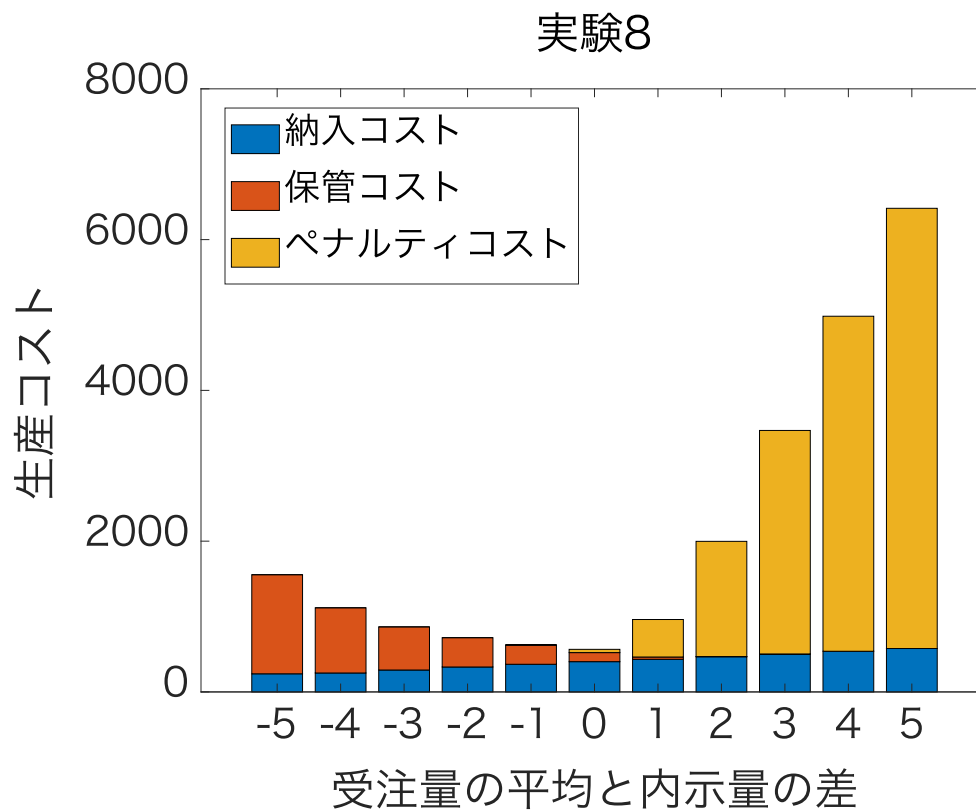


図 31 実験結果 8(生産コスト)

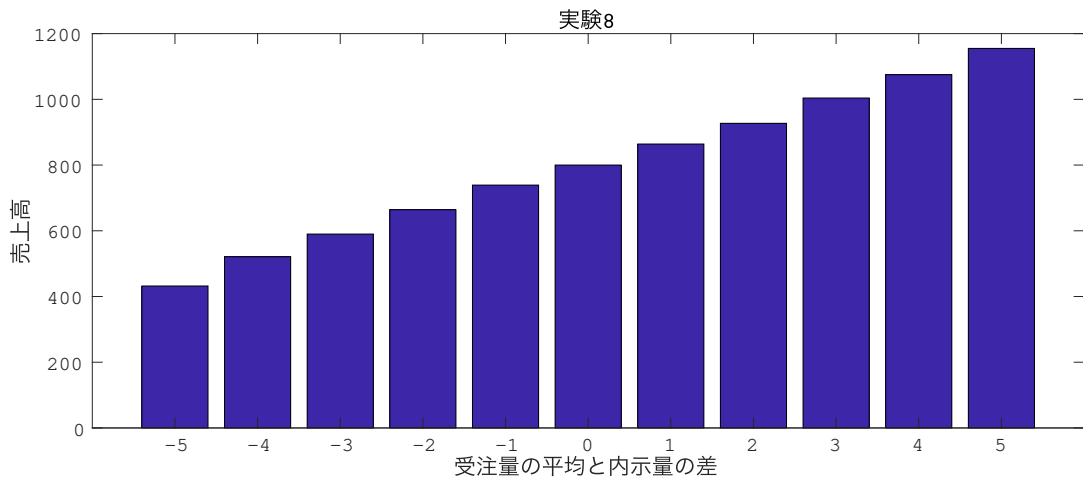


図 32 実験結果 8(売上高)

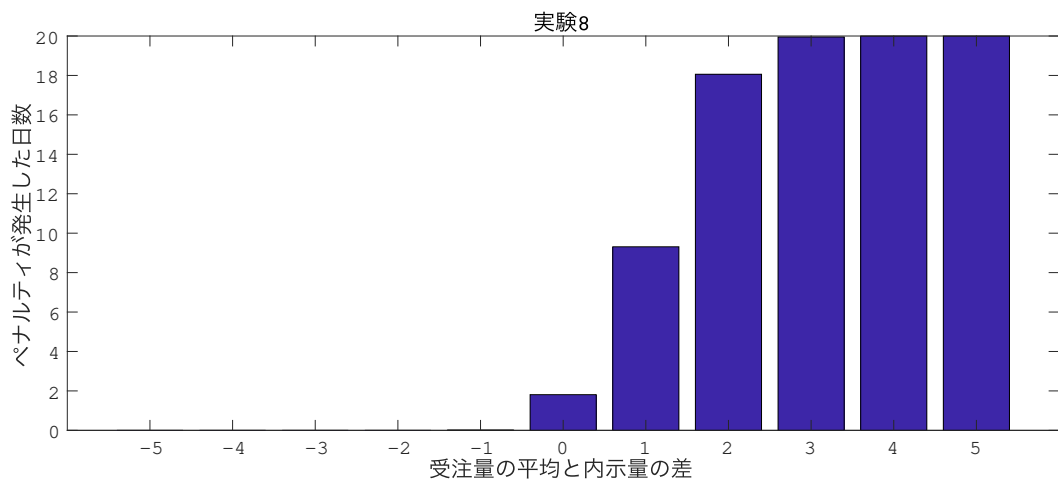


図 33 実験結果 8(ペナルティが発生した日数)

生産コストに関して、差が0のときが一番生産コストが抑えられている。受注量の平均が小さい方が大きい方より生産コストが抑えられているのは、この実験では納入コストを2、ペナルティコストを10と設定しており、平均が大きくなって足りなくなるより小さくなって余らせる方がコストが抑えられている。

受注量が内示量に対して負であるとき、在庫が余るので、保管コストが多く発生する。また正であるとき、在庫が足りなくなってしまうので、ペナルティコストが多く発生する。

売上高に関して、受注量の平均が小さいほど売上高も小さくなっていることがわかる。これは売上高が受注量によって決められていることを意味している。

ペナルティが発生した日数に関して、受注量が小さいと全く発生せず、大きいと全ての日でペナルティが発生していることがわかる。これは、内示量が大きいいことによって余分に納入する、もしくは小さいことで足りなくなってしまうことが原因である。

4.9 実験 9(受注量の分散を変化させた場合)

表 12 の条件 3 を除いた条件で受注量の分散を 1 から 10 まで変化させて、乱数を生成した。生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の 3 つの値について内示を用いる場合と用いない場合でそれぞれ 100 回計算し、その平均をみた

実験に用いた初期値は表 13 の通りである。

それぞれの分散について生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数を示した。生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の変化をグラフにしたものをそれぞれ図 34、図 35、図 36、図 37 に示した。図 36、図 37 のグラフでは青棒が内示を用いた場合、黄棒が内示を用いない場合を示している。

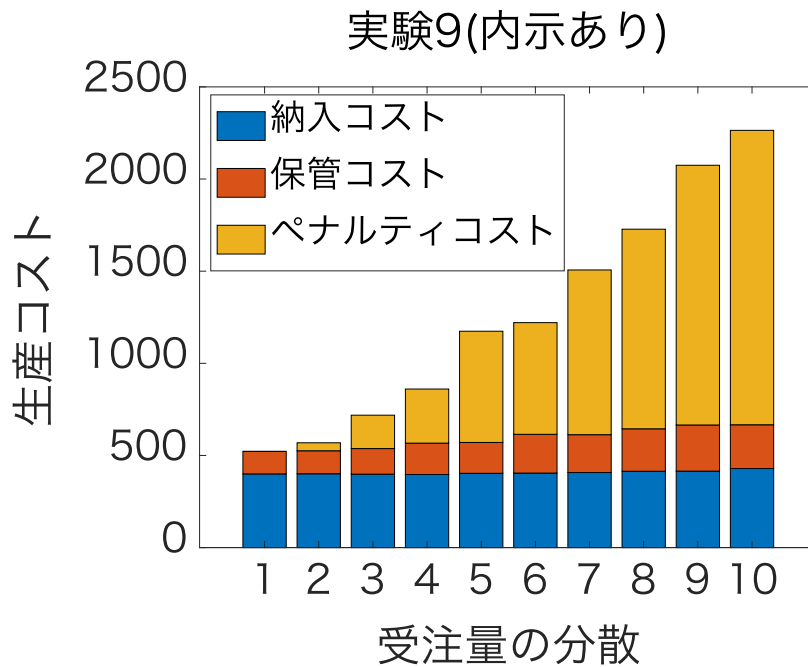


図 34 実験結果 9(生産コスト (内示あり))

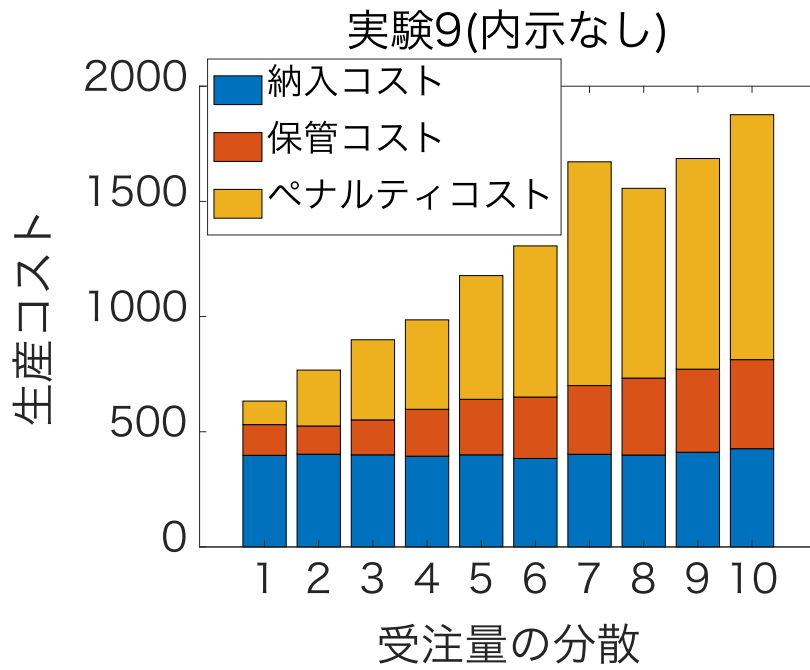


図 35 実験結果 9(生産コスト (内示なし))

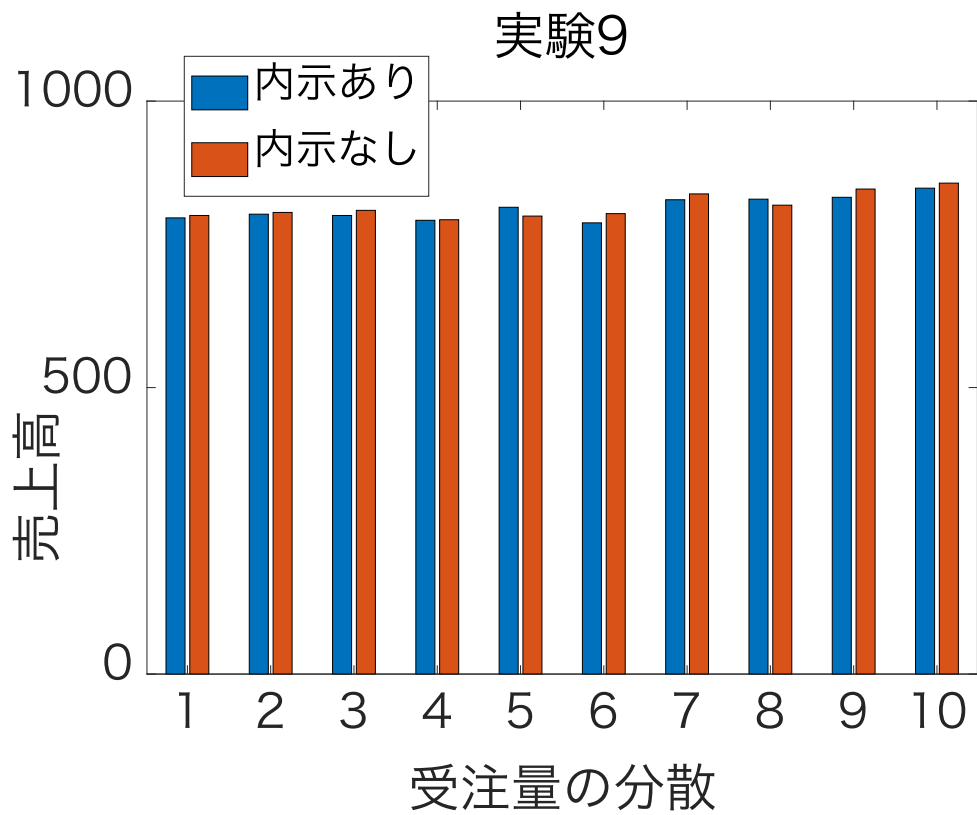


図 36 実験結果 9(売上高)

実験9

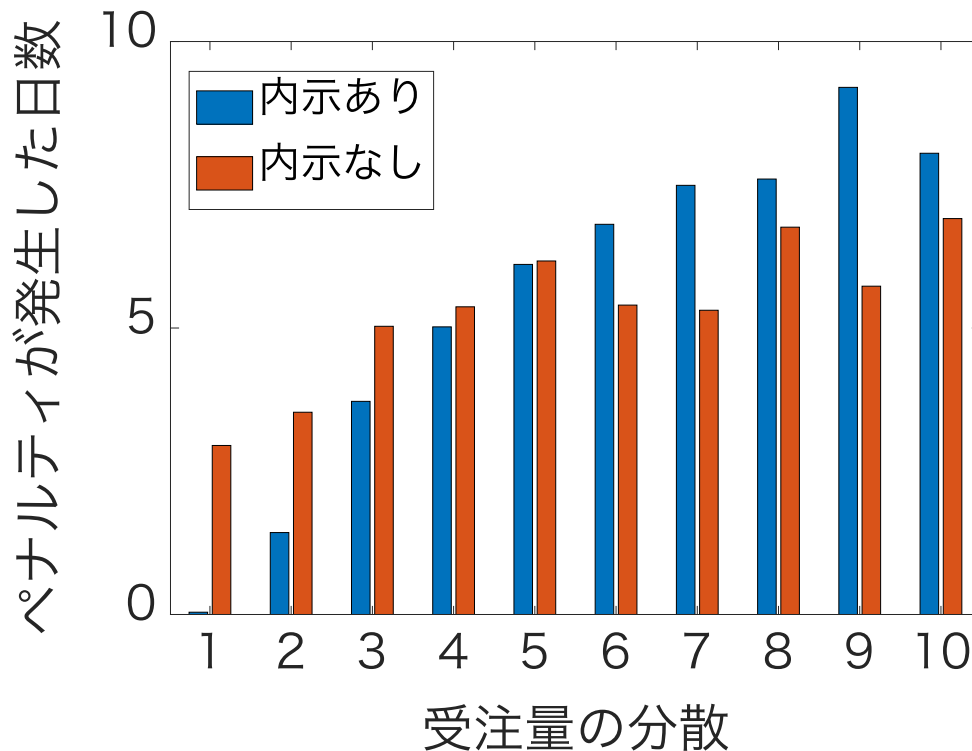


図 37 実験結果 9(ペナルティが発生した日数)

生産コストに関して、納入コストは内示ありと内示なしの場合の両方で、変化することはない。受注量の平均は内示量を取っているため、受注量の合計値が変わることがないためである。内示を用いた場合と用いない場合の両方で、保管コストは受注量の分散が大きくなるに従って増加し、ペナルティコストは大きく増加した。受注量の分散が大きくなると、ある日に受注量が非常に大きい値になったり、非常に小さい値になったりする。すると、在庫が余ったり、足りなくなったりするためである。内示なしのとき、受注量の分散が8よりも7の方がペナルティコストが大きくなっている。内示量と受注量が離れるなど、乱数の出方によっては分散が小さい方がペナルティコストが大きくなったりすることもある。

売上高に関して、受注量の分散を変化させても、値が大きく変わることはなかった。これは、受注量の総和は変化していないためである。

ペナルティコストが発生した日数に関して、どちらも分散が大きくなるにつれて概ね増加しているが、内示ありの方が増加分が大きかった。分散が小さいと内示ありの場合はほぼ内示通りに受注が確定するため、ペナルティが発生した日数が少なくなるが、分散が大きいと、内示ありと内示なしの場合であまり差が出なかった。

4.10 実験 10(受注量の分布を変化させた場合)

表 12 の条件 3 を除いた条件で受注量の分布を最小が内示量から $-\sqrt{6}$ 、最大が内示量から $+\sqrt{6}$ になるような一様分布に従って生成し、正規分布の分散と等しくした。生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の 3 つの値について内示を用いる場合と用いない場合でそれぞれ 100 回計算し、その平均をみた。

実験に用いた初期値は表 13 の通りである。

生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数を示した。

生産コスト、売上高、ペナルティが発生した日数の変化をグラフにしたものをそれぞれ図 38, 図 39, 図 40, 図 41, 図 42, 図 43 に示した。

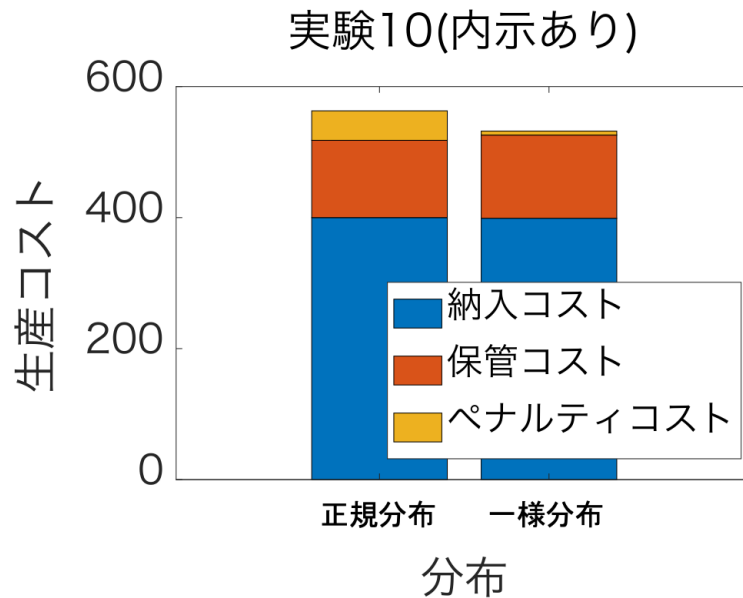


図 38 実験結果 10(生産コスト (内示あり))

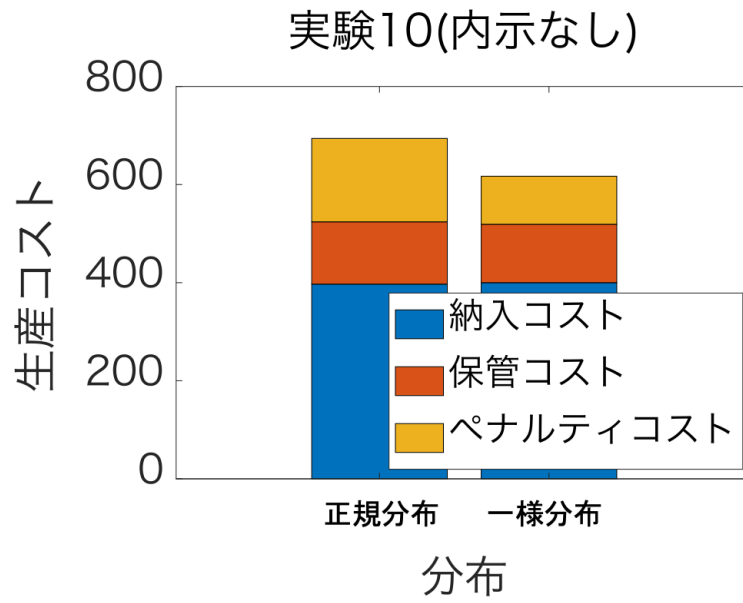


図 39 実験結果 10(生産コスト (内示なし))

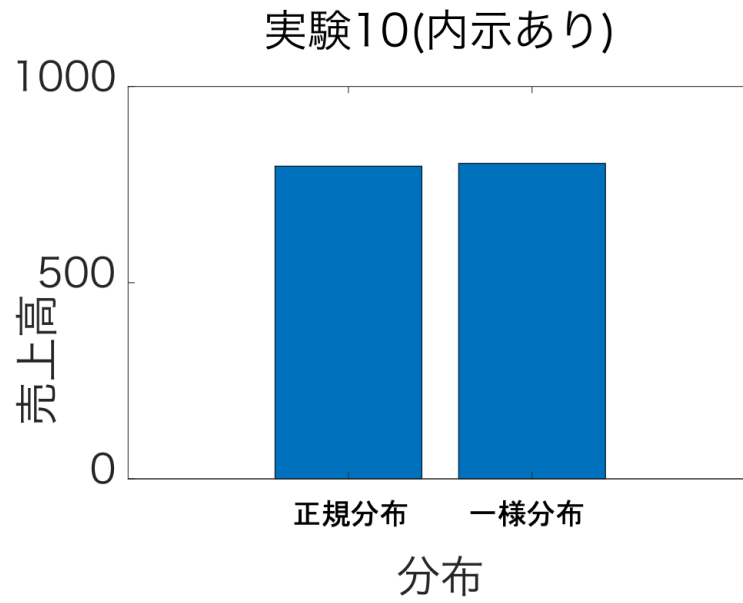


図 40 実験結果 10(売上高 (内示あり))

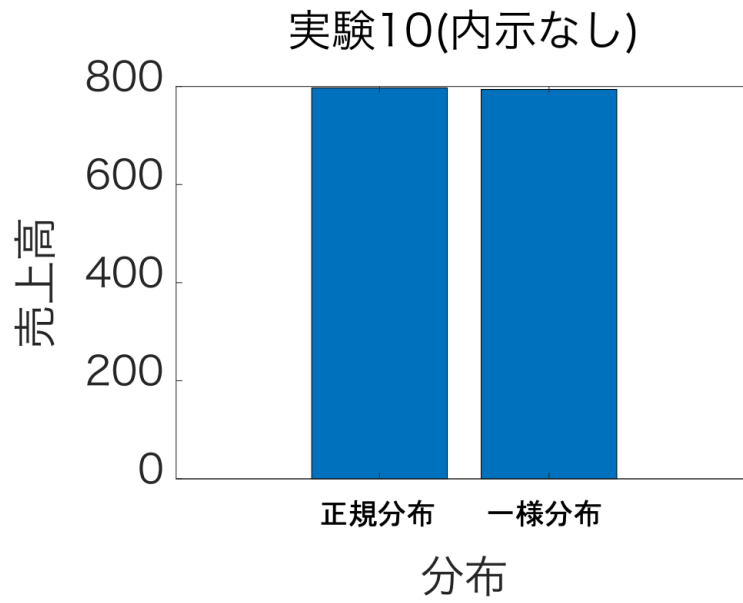


図 41 実験結果 10(売上高 (内示なし))

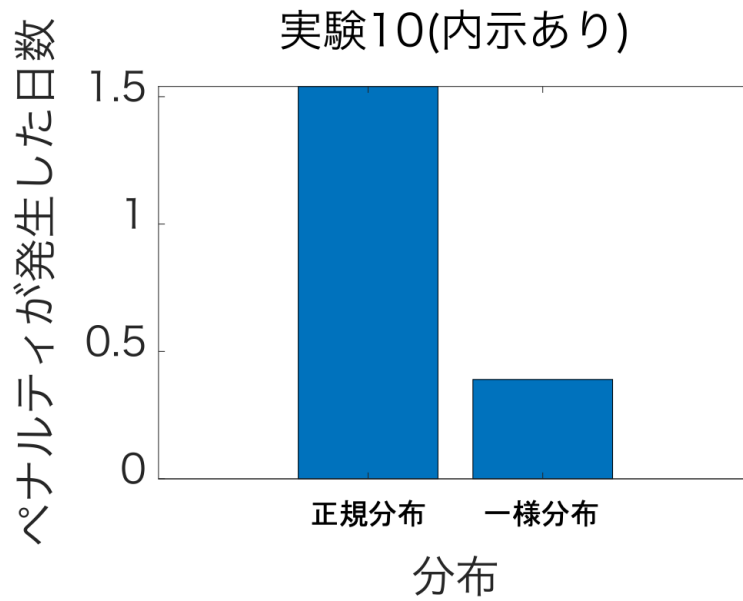


図 42 実験結果 10(ペナルティが発生した日数 (内示あり))

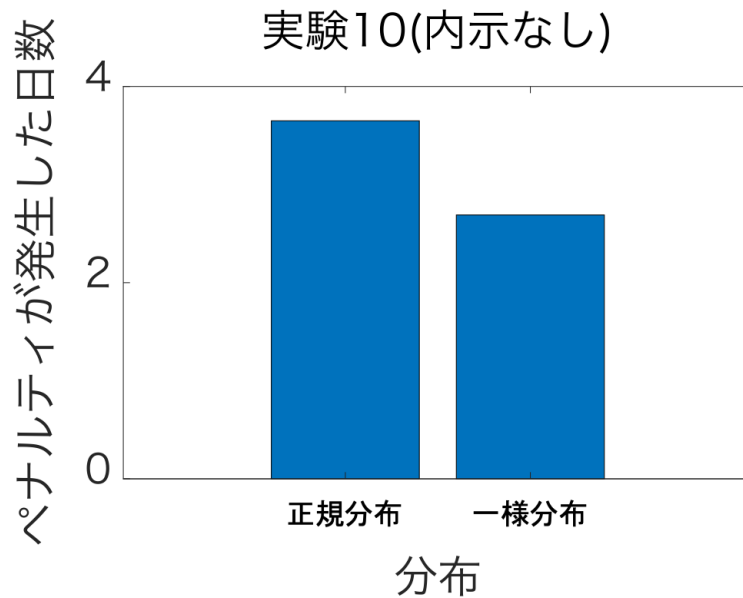


図 43 実験結果 10(ペナルティが発生した日数 (内示なし))

生産コストに関して、納入コストは内示ありと内示なしの場合それぞれの分布で変化はなかった。これは、正規分布と一様分布の場合どちらも平均が同じためである。保管コストは内示ありと内示なしの場合どちらも同じであり、ペナルティコストは正規分布の方が非常に多くなる結果となった。一様分布の場合、受注量が内示量の -2 から $+2$ の間に収まっているため、在庫が足りなくなることが少なくなる。

売上高に関して、内示ありと内示なしの場合それぞれの分布で変化はなかった。売上高は納入コストと受注量に影響されるが、納入コストは同じで、受注量の平均が等しいためである。

ペナルティが発生した日数に関して、内示ありと内示なしの場合の両方で、一様分布の方が小さい値になった。正規分布と一様分布の分散を等しくすると、一様分布の方が値をとる範囲が狭まるため、在庫が足りなくなるような受注量が発生する可能性が少なくなるためである。

5 まとめ

期待在庫量を変化させた場合の実験では、期待在庫量が小さいほどペナルティコストが増大し、大きいほど、保管コストが増大していた。

納入コストを変化させた場合の実験では、内示を用いた方が生産コストが抑えられた。また、内示を用いた場合と用いない場合の両方で生産コストが増加し、増加の仕方が概ね線形であった。

ペナルティコストを変化させた場合の実験では、ペナルティコストを増加させると、内示を用いるときよりも用いないときの方が生産コストが大きく増加することがわかった。

需要リードタイムを変化させた場合の実験では、需要リードタイムを大きくしていくと、内

示が出されていない日が少なくなるため、生産コストが抑えられることがわかった。

供給リードタイムを変化させた場合の実験では、供給リードタイムが大きいほど、内示が出されていない日が多くなり、生産コストが余分にかかってしまうことがわかった。

受注量の平均が内示量と異なる場合の実験では、受注量の平均を大きくしていくと、内示を用いる場合の方が生産コストが増大してしまうことがわかった。

納入コストとペナルティコストの比を変化させた実験では、納入コストとペナルティコストが同じ値の場合、発注を行わない方が生産コストが抑えられるということがわかった。

受注量に内示量との相関がある場合では、受注量が内示量に対して負の場合では、在庫が余るので保管コストが多く発生し、正の場合では、在庫が足りなくなり、ペナルティコストが多く発生することがわかった。

受注量の分散を変化させた場合、分散が大きくなるほど在庫が足りなくなったり、余ったりする可能性が増えるため、生産コストが増加していた。

正規分布と一様分布で比べた場合、一様分布の方が平均よりも近い値をとるため、保管コストやペナルティコストが発生しにくく、生産コストが減少する結果となった。

内示を用いる方がコストを抑えられる場合として、内示で与えられた情報と実際の結果が近いという条件が必要であるとわかった。内示によってあらかじめ需要の情報が与えられるが、その情報と実際の受注量に差があると、製品が余ったり足りなかったりして、結果としてコストがかかってしまう。また、発注量を決めるときに確定していない状態が少ない方が余分なコストが抑えられるということもわかった。

6 謝辞

本研究を進めるにあたり、指導教官の村松正和教授から熱心なご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 圓川隆夫, 黒田充, 福田好朗, ”生産管理の事典,” pp.3-30, 朝倉書店, 1999.
- [2] F.Y.Edgeworth, ”The Mathematical Theory of Banking,”, Journal of the Royal Statistical Society. 51(1), 113-127, 1888.
- [3] Tarkan Tan, Refik Gullu, Nesim Erkip, ”Modelling imperfect advance demand information and analysis of optimal inventory policies,”, European Journal of Operational Research, Volume 177, Issue 2, pp.897-923, 2007.
- [4] 富士明良, ”生産管理工学 [理論と実際],” pp.1-2, 東京電機大学出版局, 2009.
- [5] 藤本隆宏, ”生産マネジメント入門,” pp.170-174, 日本経済新聞出版社, 2001.
- [6] 上野信行, ”内示情報と生産計画,” 朝倉書店, 2011.
- [7] 門田安弘, ”トヨタ プロダクションシステム-その理論と体系,” ダイヤモンド社, 2006.