

スケジューリングシンポジウム特別企画

SCM コンペティション 2010

参加者マニュアル

バージョン 1.0

2010年6月14日

スケジューリング学会

バージョン	日付	作成者	備考
1.0	2010/6/14	西岡	公開バージョン

注) 本文中の網掛けの数値の部分は、最終的に変更になる可能性が高いものです。また、コンペ本番までの間に、本マニュアルは何度か改定されることが予想されます。最新版はWebサイトをご覧ください。

もくじ

はじめに.....	5
目的.....	5
対象とするサプライチェーン.....	5
計画サイクル.....	6
需要予測.....	8
需要の配分方法.....	10
費用の内訳.....	10
予想される基本戦略（参考）.....	11
コンペの実施方法.....	12
コンペの運営方式.....	12
提供される情報の種類.....	12
意思決定する内容.....	15
コンペの手順.....	16
プレイヤー固有ロジックの利用.....	17
サプライヤーの意思決定.....	19
意思決定の概要.....	19
マスター情報.....	20
初期在庫の設定.....	21
受注情報.....	21
前工程の手配.....	22
後工程の手配.....	23
シミュレータの動き.....	24
評価指標.....	24
メーカーの意思決定.....	26
意思決定の概要.....	26
マスター情報.....	27
初期在庫の設定.....	28
受注情報.....	29
部品の発注.....	30
生産の手配.....	30
シミュレータの動き.....	31
評価指標.....	31
ディストリビュータの意思決定.....	33
意思決定の概要.....	33
マスター情報.....	34

初期在庫の設定.....	35
トラック数の指定.....	36
受注情報.....	36
製品の発注.....	37
輸送の手配.....	38
シミュレータの動き.....	39
評価指標.....	39
ソフトウェアの操作方法.....	41
システムの構成.....	41
インストール方法.....	42
ログイン.....	42
メインメニュー.....	43
通信接続テスト.....	44
Excelシートの構成.....	45
サーバーとの通信.....	46
付録1 (サンプルデータ).....	47
受注オーダー.....	47
発注オーダー.....	47
生産オーダー.....	48
在庫オーダー.....	49
能力オーダー.....	49
設備マスター.....	50
工程マスター.....	50
品目マスター.....	51
品目構成.....	52
在庫推移.....	52
能力推移.....	53
付録2 (数学モデル).....	54
数学モデルの説明.....	54
数学モデル (サプライヤー).....	55
制約条件 (サプライヤー).....	57
評価指標の計算 (サプライヤー).....	58
数学モデル (メーカー).....	59
制約条件 (メーカー).....	61
評価指標の計算 (メーカー).....	62
数学モデル (ディストリビュータ).....	63
数学モデル (ディストリビュータ).....	65
評価指標の計算 (ディストリビュータ).....	66

図表もくじ

図 1	サプライチェーンの全体.....	6
図 2	計画カレンダーと意思決定サイクル.....	7
図 3	需要予測データの例（製品別の週ごとの需要量）.....	9
図 4	需要予測データの例（製品別の週ごとの需要の標準偏差）.....	9
図 5	製品構成情報（部品表：BOM）の例.....	13
図 6	意思決定サイクルにおける注文の例.....	14
図 7	コンペ実施の流れ（1ラウンド）.....	16
図 8	コンペ実施会場の概要.....	17
図 9	サプライヤーの概要.....	20
図 10	サプライヤーが受け取る受注情報の例.....	22
図 11	メーカーの概要.....	27
図 12	メーカーが受け取る受注情報の例.....	29
図 13	ディストリビュータの概要.....	34
図 14	ディストリビュータが受け取る受注情報の例.....	37
図 15	システムの全体構成.....	41
図 16	ソフトウェアの内容.....	42
図 17	ログイン画面.....	43
図 18	メインメニュー.....	43
図 19	接続テストの結果.....	44
図 20	Excelシートの表示例.....	46

はじめに

目的

SCMコンペティション（以下、コンペ）は、サプライチェーンマネジメントの実践的な問題を、この分野の研究者や大学院生、そして企業における若手実務家に広く知ってもらい、今後の応用研究や、実際の業務における改善等に寄与することを目的としています。本マニュアルは、コンペの参加者に対して、ここで対象とするサプライチェーンマネジメントの概要を示すとともに、実際にそれぞれの問題にどのように取り組むかについて解説します。

コンペでは、各プレイヤーが、毎週繰り返しサプライチェーンマネジメントに関連する意思決定を行い、四半期分の企業利益を競います。この際、各意思決定の結果、生産や輸送や在庫の状況が毎回どのようになるかは、本マニュアルにも解説されているシミュレータにより計算されます。したがって、本マニュアルを読むことで、実際のサプライチェーンがどのようになっているかを学ぶこともできます。

なお、本マニュアルの対象とする読者およびコンペ参加者としては、工学系の学生や出身者のみでなく、分科系の出身者をも想定し、数式等による説明は極力しないように配慮しました。コンペでは、パソコンを用いて、チーム間で対戦することを通して、楽しみながらこの分野の基礎を学び、同時に実践的応用のヒントをつかむことができます。

対象とするサプライチェーン

対象とするサプライチェーンでは、サプライヤー、メーカー、そしてディストリビュータの3つのステージを経て、最終製品が消費地へ届けられます。サプライヤー、メーカー、ディストリビュータの各ステージには、それぞれ複数の企業がチェーンに参加しています。

このサプライチェーンの消費者は、以下の図のように、4地区の最終消費地に分かれており、最終製品の種類は10品目です。また、最終製品を生産するために必要な部品の種類はトータルで10品目です。

最終製品を最終消費地に輸送するためのディストリビュータ、最終製品を生産する

ためメーカー、そして、最終製品を生産するために必要な部品を生産するサプライヤーがプレイヤーとなり、図のようにグループを構成しています。

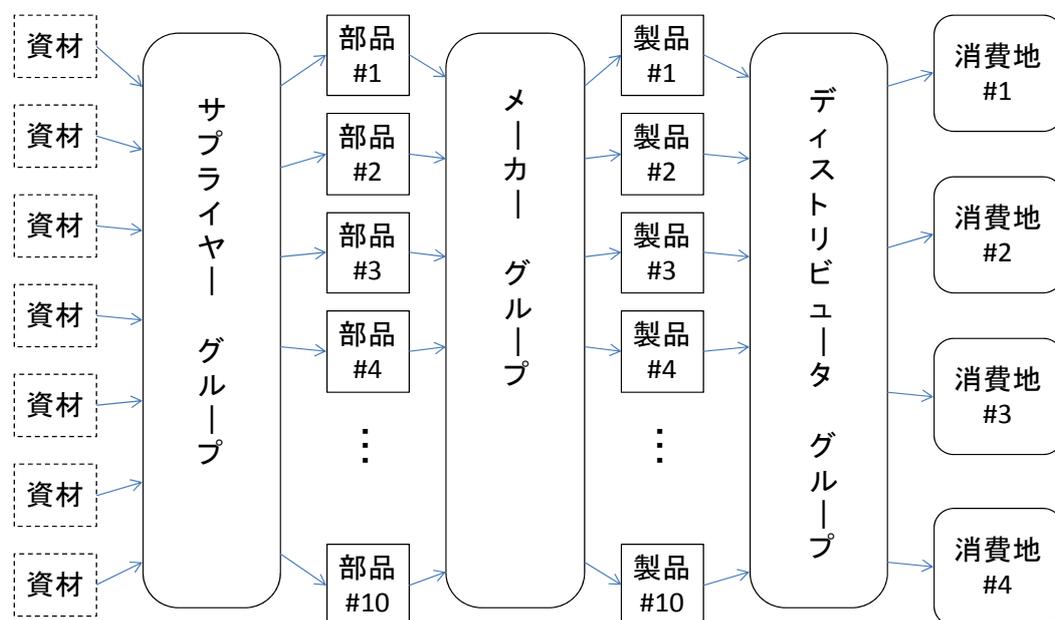


図 1 サプライチェーンの全体

サプライヤー、メーカー、ディストリビュータとしてチェーンに参加する各企業は、同業である他のサプライヤー、メーカー、ディストリビュータと同じ種類の部品、製品、そして消費地を担当します。ただし、各企業がコンペの中で受け取る注文内容と量は、各プレイヤーがもつ設備の能力や、過去の納期順守の状況によって異なります。つまり、ある企業が取り扱う部品、製品、そして対象地域は、このサプライチェーンに参加する他の企業も同時に受け持っており競合します。各企業は、これらの競合相手との間で、利益を競い合うことになります。

メーカーが必要とする部品の種類と構成数は、それぞれの製品がもつ部品表によって知ることができます。ひとつの製品は、1種類以上の部品によって構成されており、ひとつの部品は、1種類以上の製品によって利用されます。部品を生産するサプライヤーでは、それらの部品を生産する際に資材が必要となりますが、それらはサプライチェーンマネジメント上の意思決定の対象とはなりません。その代わりに、サプライヤーは、とり扱う部品と一対一で対応する仕掛品の数量を把握し、効率的な管理を行う必要があります。

計画サイクル

サプライチェーンに参加するすべての企業は、同じ計画サイクルで意思決定を行います。ここでの計画対象期間は、10週間で合計50日です。これは、実際の企業における四半期に相当します。各週は月曜から金曜までの実働5日で構成されます。計画

立案を行う1回のサイクルにおいて、1週間分（5日分）の意思決定をおこない、これを10回繰り返します。

各企業は、その週ごとに、それぞれの状況に応じて、生産手配、購買手配などを行い、その計画立案結果を、サプライチェーン全体を統括するサプライチェーン管理センターに送ります。サプライチェーン管理センターでは、その計画内容が管理され、シミュレータにより、その週の各拠点の在庫量や設備の状態、出荷数量、そして費用や売上金額などが計算され、毎回公開されます。



図 2 計画カレンダーと意思決定サイクル



図 2は、計画サイクルごとの各企業の指標を示しています。たとえば、現在が第 3 週の意思決定を行っているとする、2 週までの各指標が計算で求められていることになります。

需要予測

サプライチェーンにおける最終需要、つまりディストリビュータに対する需要は、サプライチェーン管理センターによって与えられます。実際には、この最終需要は、あらかじめ公開された平均値と標準偏差をもつ切断正規分布¹に従った乱数によって、ソフトウェアが自動生成します。ディストリビュータは、この情報を参考にして、それぞれの能力や在庫レベル、そして日々の輸送手配や購買手配を行います。

一方、ディストリビュータからメーカーに対する製品の需要、およびメーカーからサプライヤーに対する部品の需要は、それぞれのステージに参加する企業の実際の注文に依存して決定されます。ディストリビュータがメーカーへ依頼した注文の合計が、翌週にメーカーが受け取る需要となり、メーカーがサプライヤーに依頼した注文の合計が、翌週にサプライヤーが受け取る需要と等しくなります。

最終需要は、平均値と分散によって、以下のパターンに分類することができます。ここで、突然死型とは、ある週から、需要が急激に（8割以上）落ち込むことが予想されている製品です。ディストリビュータは、この製品の在庫を必要以上に抱えないように注意しなければなりません。

表1 最終需要のパターン

種類	平均	分散	割合
安定型	定常	中	3 製品
不安定型	定常	大	2 製品
トレンド型	増加、または減少	小	2 製品
ピーク型	山型、または谷型	小	2 製品
突然死型	ステップ型	中	1 製品

製品	週									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8.8	8.6	35	22	42	25	10	2.2	15	52
2	12	5.2	32	18	15	28	8.8	2	18	8.8
3	28	4	12	37	6	8.5	25	9.6	9	44
4	1.3	2.7	12	33	35	9.5	34	50	10	15
5	9.9	8.8	8	18	35	9.9	14	57	4.7	23
6	61	49	66	71	30	43	107	110	55	47
7	114	71	46	32	44	21	76	21	18	5
8	112	80	136	105	86	124	97	79	119	61
9	110	84	30	54	92	77	40	82	43	134
10	48	52	120	67	118	106	20	6	4	9

図 3、図 4では、各製品について、週ごとの需要量の予測値（平均値）と標準偏差の

¹ シミュレーションの便宜上、負の値となった場合には、0が設定されます。

例が提示されています。図で示されている数字は、ひとつの例ですが、実際には、これに類するテーブルが、サプライチェーンに参加する全企業に公開されます。

製品	週									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8.8	8.6	35	22	42	25	10	2.2	15	52
2	12	5.2	32	18	15	28	8.8	2	18	8.8
3	28	4	12	37	6	8.5	25	9.6	9	44
4	1.3	2.7	12	33	35	9.5	34	50	10	15
5	9.9	8.8	8	18	35	9.9	14	57	4.7	23
6	61	49	66	71	30	43	107	110	55	47
7	114	71	46	32	44	21	76	21	18	5
8	112	80	136	105	86	124	97	79	119	61
9	110	84	30	54	92	77	40	82	43	134
10	48	52	120	67	118	106	20	6	4	9

図 3 需要予測データの例（製品別の週ごとの需要量）

製品	週									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	42	12	23	6.8	4.4	35	6.8	26	38	18
2	54	59	46	23	48	58	6	42	18	4.5
3	5.1	32	3	12	7.5	41	18	22	21	21
4	50	42	49	103	18	20	52	74	43	62
5	3.2	72	61	18	57	81	109	15	59	34
6	23	12	32	5.5	18	30	11	20	12	10
7	25	3.8	55	5.3	31	46	21	6.7	17	11
8	36	41	7.6	12	28	24	6	35	42	13
9	6.3	6	11	26	7.6	9.3	34	22	17	8
10	24	18	29	14	8.4	13	20	14	8.4	15

図 4 需要予測データの例（製品別の週ごとの需要の標準偏差）

なお、図 3、図 4 の 10 種類の製品は、それぞれ、製品 1, 2, 3 が安定型、製品 4, 5 が不安定型、製品 6, 7 がトレンド型、製品 8, 9 がピーク型、そして製品 10 が突然死型ということができます。ただし、突然死型の製品は、このようにあらかじめ需要予測データとしては提供されません。つまり、突然死型の製品の場合、予測上は、安定型、不安定型などのパターンをもっていますが、実際のコンペの途中で状況は変化し、結果的にここで示したような分布となります。

サプライヤーとメーカーに対する需要量は、それぞれサプライチェーンの次ステージとなるメーカーおよびディストリビュータが、その前の週（1つ前の計画サイクル）にて設定した注文の量によって決定されます。ただし、サプライヤーとメーカーの第一週目の需要については、上記の需要予測における 3 週間分の最終需要をもとにサプライチェーン管理センターが計算した値を用いて決定します。

需要の配分方法

メーカーとディストリビュータが製品および部品を注文する際には、注文先の企業（プレイヤー）を指定することはできません。これらはすべて、サプライチェーン管理センターに集約されます。サプライチェーン管理センターは、サプライヤー、メーカー、そしてディストリビュータといったサプライチェーンのステージごとに、製品、部品ごとの合計の需要量を、参加する企業に対する注文として配分します。

各企業への注文数は、それぞれの企業がもつ設備に応じて決定される生産能力または輸送能力と、その企業のそれまでの納期遅延の発生状況を考慮して決定されます。より多くの設備をもった企業は、その分だけ多くの注文を受けとることが可能です。ただし、サプライチェーン管理センターは、その企業の実生産能力（輸送能力）を超えた注文を出すことはありません。

一方で、注文数量および注文の合計金額は、その企業の納期未達の状況によって変わります。もし、納期未達があった場合には、翌週の注文数量および合計金額が減ることになります。逆に、納期未達がない場合、つまりすべて納期どおりに出荷が可能であった場合には、定率で注文数（注文合計金額）が増えていきます。

製品単位でみた場合、その販売価格と原材料の仕入れ価格は一定であるため、最終的な企業の利益は、受注金額によって大きな影響を受けます。したがって、各企業は、常に納期未達がないように生産計画や輸送計画を立てることで受注金額を増やしていくように努力する必要があります。

費用の内訳

サプライチェーンに参加する各企業には、サプライヤー、メーカー、そしてディストリビュータすべてのステージに共通して、以下の費用が発生します。各週の利益は、その週に出荷した製品に対する合計金額を収益とし、これらの費用の合計金額を引いたものとなります。

表2 各企業の費用

費目	内容
直接材料費 (購入費用)	その週に入荷した原材料（製品または部品）の合計金額。購買注文を出した数量がそのまま入荷数量となる。
直接業務費 (製造費用・輸送費用)	購買および生産あるいは輸送を行った回数に比例して発生する費用。まとめることで費用削減が可能。
設備費	設備に余剰（アイドル）が発生した場合に、その数量とアイドル費係数によって計算される費用。

在庫管理費	各日の業務後の在庫数量と在庫保管費によって計算される在庫管理費用。在庫数削減により費用削減が可能。
-------	---

したがって、各企業は、一度にできるだけ大量の購買や生産（輸送）を行うことで直接業務費を削減することができますが、その分だけ、在庫管理費が増加します。一方、設備を多く保持することで、納期末達の可能性が小さくなり、受注金額の増加につながりますが、その分だけ設備に余剰が発生し、製造間接費（設備費）が増加しやすくなります。

予想される基本戦略（参考）

売上拡大戦略

受注数量は、初期状態において、そのプレイヤーの保有設備に応じて設定されます。初期値は、保有設備の能力の約8割となります。従って、売上を伸ばすためには、多くの設備を保有すればよいこととなります。設備の投資コストおよび保有コストは、基本的に0です。設備に関する費用はアイドルコストのみであり、所有する設備の稼働率を上げることで、理論的には0とすることができます。

また、受注数量は、納期遅延の実績によって増減します。常に納期遅れがない場合は、自然に受注数量が増加し、納期遅延があると減少となります。したがって、早めに注文し在庫を増やし、設備を豊富にもつことで納期遅延がなくなり、売上増につながります。

費用削減戦略

最終的な評価は各プレイヤーの利益であり、総利益は売上から費用を引いた値です。ここで、費用には、在庫管理費、直接業務費、およびアイドルコストによって算出される設備費が含まれます。材料費は、受注数量と完全に比例していますので、これらの費用を削減することで、利益を向上させようという戦略が考えられます。たとえば、在庫管理費は、ぎりぎりまで生産や輸送の手配を遅らせることで在庫数を減らすことができ、この費用を削減できます。また、直接業務費に相当する発注費やバッチ処理型の製造費用は、ロットサイズを適切に設定することで削減することが可能です。さらに、アイドルコストは、できるだけ余剰設備を持たないことで削減できます。

コンペの実施方法

コンペの運営方式

コンペでは、1チーム3人で構成し、サプライチェーンマネジメントにおける10週間分の意思決定の結果を競います。この10週間分の意思決定を1ラウンドとして、1または2ラウンド実施されます。1つのサプライチェーンには、5~10チームが参加することになります。各プレイヤーはサプライヤー、メーカー、ディストリビュータの企業を1社ずつ担当し、各企業が、それぞれの週で得た利益を合計していき、最終的に得られた3社の10週間のトータルの利益を競います。

指定したラウンドが経過後、各チームのプレイヤー（3名）の利益の合計額が最大のチームが優勝となります。以下、合計額に応じて、準優勝、入賞（3位）を決定し表彰します。所要時間としては、1ラウンドを終えるのに、約1時間かかります。全プレイヤーが、ネットワーク接続可能なノートPCを持参する必要があります。

各チームは、あらかじめ本参加マニュアルの内容を理解し、問題解決のためのロジックを持参するノートPCに事前に組み込んでおく必要があります。コンペ開始後は、時間的な制約の中で逐次問題を解いていく必要があるため、その場で解法について思考錯誤する余裕はほとんどありません。時間内に意思決定ができない場合には、あらかじめ定められたルールに従い、デフォルトの値（たとえば、その週の購買は行わなかったと見なすなど）がとられます。

提供される情報の種類

各プレイヤーは、サプライヤー、メーカー、ディストリビュータとして、以下の情報がサプライチェーン管理センターより与えられます。情報は、コンペ開始前に与えられるもの、各週の意思決定前に与えられるものの2つに分かれます。なお、以下の情報は、概略であり、詳細は各ステージの意思決定内容の章を参照してください。

コンペ開始前に与えられる情報

すでに説明した最終製品の需要予測情報が、数表の形でコンペ当日に発表されます。データの形式は、Excelの表形式および印刷された紙帳票です。安定型、不安定型とい

った区分は、特に示されません。数字のパターンから判断してください。この情報は、ディストリビュータは、それぞれの企業に対する注文に直接影響します。また、メーカーやサプライヤーは、何週間か遅れて（または早めに）その需要に対応した注文がサプライチェーンの次ステージの企業からの需要としてくることが予測されます。

なお、ここで示される需要予測は、サプライチェーン全体の需要量であり、各企業に対する注文数量の予測値ではありません。各企業（プレイヤー）には、この合計需要を、サプライチェーン内の同じ種類の企業と競合しながら、その一部が分配されることとなります。なお、コンペの参加チーム数と同数の競合企業以外に、仮想の企業が存在し、実企業（プレイヤーが実際に意思決定を行う企業）の合計がこの需要量と等しくなるとは限りません。

サプライチェーンでは、メーカーを境として、上流側であるサプライヤーは部品を、下流側であるディストリビュータは製品を扱います。この製品と部品の関係を製品構成情報として、コンペ開始前に事前に提示されます。図 5に、製品構成情報の例を示します。ここで、表の数字は必要数であり、製品 1 個あたり何個の部品が必要であるかを示します。このように、各製品は、複数の部品から構成されています。逆に見れば、各部品は複数の製品に利用されており、部品の需要予測は、それらの製品の需要量に影響します。

製品	部品									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1			1				1			
2					1	2				1
3	2					4				
4			1	1			1			1
5		2							4	
6		2								
7				1					2	1
8					2			5		
9			1				1			
10				1						

図 5 製品構成情報（部品表：BOM）の例

コンペ開始前には、これらの情報以外に、各ステージにおける製品または部品の販売価格（逆に見れば、購入価格）、製造間接費（設備費用）を計算するためのアイドル係数、在庫管理費（在庫費用）を計算するための在庫保管費係数、直接業務費に関する 1 回あたり業務費用、そして生産や輸送の手配において制約となる最大（最小）ロットサイズや製品（部品）ごとに固定のリードタイムが与えられます。

各意思決定サイクル（毎週）で与えられる情報

1 ラウンド 10 週間の中で、10 回繰り返し行われる各意思決定サイクルにおいて、毎回提供される情報としては、以下のものがあります。

まず、各週について、各企業に対して具体的な注文がサプライチェーン管理センターから提示されます。この注文内容は、拒否できません。もし、指定された日に納入

できない場合は、納期未達として、最終的に納入するまで、その回以降の注文数量が減ることになります。サプライヤーには、その週の5日分の10種類の部品それぞれの注文数が提示されます。メーカーには、その週の5日分の10種類の製品それぞれの注文数が提示されます。そしてディストリビュータには、その週の5日分の10種類の製品それぞれについて、各消費地別に注文数が提示されます。例をに示します。

製品 (部品)	曜日				
	月	火	水	木	金
1	14	0	14	5	0
2	0	0	0	0	1
3	9	18	23	0	0
4	0	0	16	0	0
5	0	8	14	3	2
6	0	0	9	14	4
7	0	21	10	5	0
8	2	3	4	0	0
9	0	11	16	9	0
10	3	0	19	0	0

図 6 意思決定サイクルにおける注文の例

第1週の意思決定サイクルが終了後、2週目以降では、その前の週までの各企業の生産または輸送の実施状況が提示されます。これらの値は、各週の各プレイヤーの意思決定内容に従って、サプライチェーン管理センターにおいて、サプライチェーン・シミュレータによって計算されます。

まず、各企業における日ごとの在庫状況が示されます。在庫としては、各ステージにおいて、購入品（サプライヤーの場合は仕掛品）の在庫と、完成品（ディストリビュータについては輸送後）の2種類の在庫があります。

また、日ごと設備ごとの生産着手数、完成数、そして設備稼働数量とアイドル数量が提示されます。サプライヤーについては、生産着手数と完成数は、前工程（加工工程）と後工程（仕上工程）の2つについて計算されます。ディストリビュータについては、生産着手数、完成数は、それぞれ輸送着手数、輸送完了数に相当します。なお、生産着手数や輸送着手数は、次節で説明する各プレイヤーの意思決定の項目でもありますが、各プレイヤーが指定した生産着手数、輸送着手数の生産や輸送を、在庫制約や設備能力制約により、その指定日に実施できない場合もあります。そのような場合には、プレイヤーが指定した内容と、ここで提示される内容が異なります。

上記以外に、コンペでは、各週の各プレイヤーの意思決定の結果として得られた状況に関して、その週の売上金額および各費用の合計金額、そして日ごと週ごとの利益を計算し提示します。売上は、日ごとの出荷数量で計算します。注文があっても、その数を出荷できない場合は、売上になりません。注文日より前に納入することはできませんが、注文日以降に納入することは可能です。

意思決定する内容

各プレイヤーの意思決定には、コンペ開始前と、コンペ開始後に各週に対応した計画サイクルにおける意思決定の2種類があります。以下にそれぞれについて、概略を説明します。詳細は、ステージごとの章を参照してください。

コンペ開始前

各プレイヤーは、コンペ開始前に、あらかじめ各ステージにおける完成品の初期在庫量を自由に設定することができます。初期在庫は無償ですが、その在庫数に関しては売上にカウントされません。一方、初期在庫は、コンペ開始後、各週の意思決定ごとに計算される日ごとの在庫数量としてカウントされ、在庫管理費がチャージされます。したがって、初期在庫量は、コンペ開始直後の最低日数分だけ設定することが、ひとつの方法として考えられます。

各プレイヤーは、その企業もつ設備能力を、コンペ開始前に設定する必要があります。この設定値は、コンペ開始後も各意思決定サイクルの中で修正することが可能ですが、修正できる範囲は限定されています。サプライチェーン管理センターは、各企業もつ設備能力に応じて注文を割り振りますので、多くの注文をもらうためには多くの設備を保持する必要があります。一方で、多くの設備能力を保有していても、その設備の稼働率が低い場合には、そのアイドル時間（遊休時間）に応じた設備費用がチャージされるため注意が必要です。

各週における意思決定

各プレイヤーは、各週の意思決定サイクルにおいて、購入する製品や部品に関する購買手配、そして、その週に生産または輸送する内容に関する生産（輸送）手配を実施します。サプライヤーの場合は、購買手配の代わりとして、前工程（加工工程）の生産手配が必要となり、生産（輸送）手配に相当する後工程（仕上工程）と合わせて2種類の生産手配を行います。

購買手配の形式は、毎回受け取る注文の形式と同様に、10種類の各製品または部品に対して、各日にちの要求数を指定します。購買手配した数量は、仮に前ステージの企業が納期遅延を起こした場合であっても、サプライチェーン管理センターが代替する企業を見つけることで、指定した日に指定数量が確実に納入されます。サプライヤーの前工程の生産手配については、その指定した日に指定数量だけ生産着手できますが、その結果として仕掛品が完成するのは、指定したリードタイム後となります。

一方、生産手配（サプライヤーについては後工程の生産手配）あるいは輸送手配については、各設備に対するジョブとして指定することになります。トータルジョブ数は、任意に設定可能です。各ジョブとして指定する内容は、対象設備、対象品目、数量、そして着手日などです。対象設備や着手日が指定されなかった場合には、サブ

ライチェーン・シミュレータが、あらかじめ設定されたロジックで自動設定します。(ただし、この場合は効率のよい生産や輸送とならない場合があります。) 対象品目と数量は省略できません。

さらに、各意思決定サイクルの中で、各プレイヤーが受け持つ企業が保有する設備能力について、増加または減少させる依頼を出せます。実際に設備能力が増加または減少するのは、次の意思決定サイクル(翌週)となります。1回に増加または減少できる範囲は、その時点で保有する設備能力の±10%以下となります。

コンペの手順

コンペでは、1週分の意思決定を1サイクルとして、10週間分に相当する10回の意思決定サイクルを1ラウンドとして実施します。各週の意思決定では、各企業に対する注文情報を、受注オーダーとしてサプライチェーン管理センターからダウンロードし、その内容をもとに、各プレイヤーは、購買手配や生産手配を行い、その結果を再びサプライチェーン管理センターにアップロードします。これらの一連の処理を、各プレイヤーは指定時間(3分)以内に行わなければなりません。コンペ実施の流れを図7に示します。

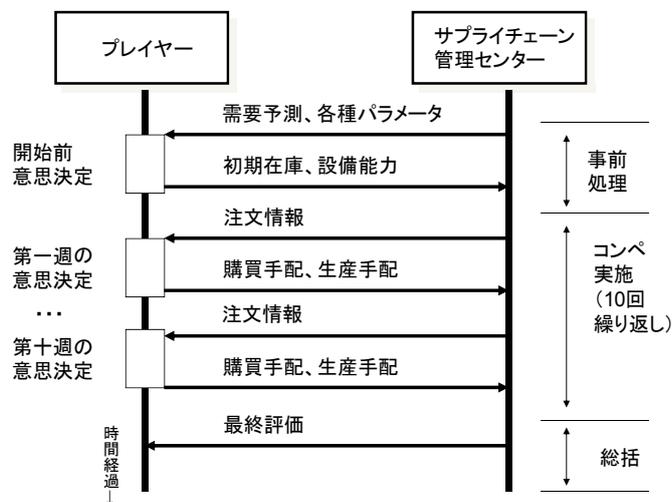


図7 コンペ実施の流れ (1ラウンド)

チームの各プレイヤーは、コンペ中にチーム内で情報交換や情報共有することができます。ただし、コンペに参加するサプライヤー、メーカー、ディストリビュータは、他の企業への注文を出すにあたって、相手企業(プレイヤー名)を指定することができないため、チーム内で注文や在庫などを融通しあうことはできません。

コンペにおいて、さまざまな情報は、ExcelをフロントエンドとするPCのネットワークによって送受信されます。各プレイヤーは、無線LANの機能をもったノートPCを持参してください。各プレイヤーのノートPCは、サプライチェーン管理センターが

実装されたサーバーとの間で無線 LAN を経由してアップロードやダウンロードなどをおこないます。

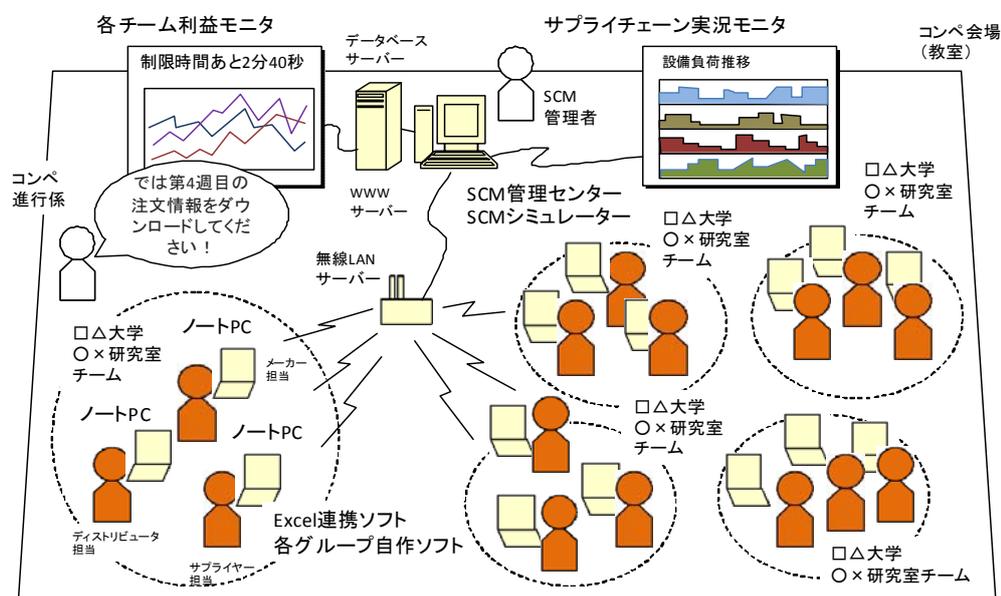


図 8 コンペ実施会場の概要

図 8に、コンペ実施の会場イメージを示します。各チームのメンバーは、それぞれがノートPCから担当企業のサプライチェーンマネジメントを行います。各意思決定サイクルにおいて、毎回それぞれの企業の業績が集計され、その結果として、各プレイヤーおよび各チームの総合評価が都度スクリーンで示されます。

共通スクリーン上には、総合評価以外にも、個別に、それぞれの企業の現在週の在庫推移、生産／輸送高、納期遅延数、設備負荷などを表示することが可能です。コンペ進行係は、各週の意思決定サイクルの合間に、これらの状況を適宜レビューしながら、それぞれのチームが現在置かれている立場や状況を的確に把握することをサポートします。

プレイヤー固有ロジックの利用

コンペにおいて、各プレイヤーは、初期段階での意思決定、各週における計画サイクル内での意思決定など、さまざまな状況に応じて、多種多様な情報を利用して意思決定をおこないます。これらの意思決定に必要なデータは、Excelのシートの形式で与えられますが、それ以降の計算ロジックはすべてプレイヤーの判断で実行する必要があります。

コンペでは、持参したノートPC上にインストールされたあらゆる種類のソフトウェアを利用することが可能です。商用のソフトウェアを利用してもかまいません。ただし、一般的には、Excelと連動する計算ロジックを、各チームであらかじめ設定してお

き、そのプログラムを実行することで各種の意思決定を支援できるようにしてください。計算する内容は、直接、購買などの手配数量であってもよいですし、基本戦略の判断、状況分析などでもよいでしょう。チーム内で作業を分担したり、情報を共有することも可能です。

サプライヤーの意思決定

意思決定の概要

サプライヤーの概要を図 9 に示します。サプライヤーは、メーカーからサプライチェーン管理センター経由で送られてきた注文内容に従い、完成品である 10 種類の部品を生産します。生産は、前工程、後工程の 2 段階の工程によって構成されます。前工程は加工工程、後工程は仕上工程です。サプライヤーが必要な資材の購買は、ここでの意思決定の対象とはなりません。

前工程は、部品ごとの専用ラインとなっており、ラインの生産能力は無限にあるものと仮定できます。前工程の生産手配を行うと、あらかじめ設定されたリードタイム後に、その設備により、対応する部品の仕掛品が生成されます。この前工程の生産リードタイムは、1 回に生産するロットサイズによって変化しません。前工程は、ロット単位で製造費用が発生します。したがって、ロットまとめにより、費用を削減することができますが、その分だけ中間仕掛品在庫は増加します。ロットサイズには上限が設定されています。前工程で生成された中間仕掛品は、後工程を実施することで部品として完成します。

後工程は、汎用装置からなる複数の生産ラインで構成されています。一つの生産ラインは、すべての部品を生産することができますが、同時に複数のロットを処理することができません。なお、一つのロットは、常に種類の部品で構成されます。したがって、後工程では、生産手配ごとに、その着手時点で空いている生産ラインの番号を指定する必要があります。（設定せずに、シミュレータの選択に任せることもできます。）後工程の生産リードタイムは、あらかじめ部品ごとに設定されています。ロットサイズによって生産リードタイムは変化しません。

後工程が完了したら、生産手配を行った部品の数量が、その完成日（開始日＋リードタイム日数）の在庫として加算されます。そして、受注した注文にある納入日において消費され、その数だけ部品在庫数が減算されます。もし、必要数だけの部品が、指定された納入日に在庫として存在しない場合には、納期遅延となり、翌日以降で必要数が生産された後に引き落とされます。

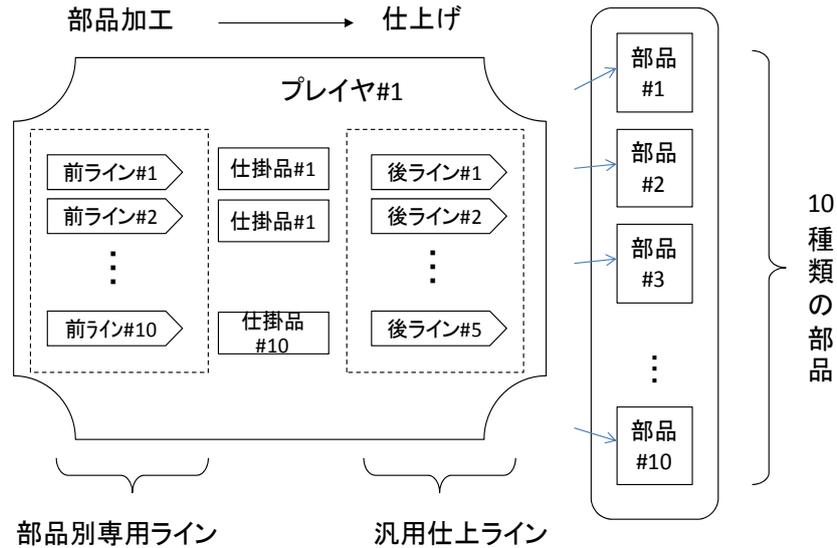


図 9 サプライヤーの概要

マスター情報

サプライヤーは、メーカーからの注文に対して、前工程、後工程のそれぞれに所属するラインを用いて生産を行います。各サプライヤーには、コンペ開始前に、表 3 に示された情報がサプライチェーン管理センターより与えられます。

ここで、前工程の生産リードタイム（加工リードタイム）および製造費用は部品ごとに固定値となります。後工程の生産リードタイム（仕上リードタイム）は、部品ごとにあらかじめ指定された固定日数となります。後工程の生産ラインの 1 ラインあたりの能力は固定ですが、後に示すように、ラインの本数はプレイヤーが指定可能です。

表 3 サプライヤーのマスター情報

パラメータ名	説明
部品販売価格	部品ごと
資材購入価格	部品ごと
加工リードタイム	前工程の必要日数（1以上の整数）部品ごと
加工固定費	1回のロット単位に発生する製造費用：部品ごと
仕上リードタイム	後工程の必要日数（1以上の整数）：部品ごと
仕上最大ロットサイズ	仕上げ工程のロットサイズ最大値：部品ごと
アイドル費係数	設備のアイドル費を計算するための係数

各プレイヤーは、コンペ開始時（ラウンド開始前）に表 4 のパラメータを指定する必要があります。さらに、このパラメータは、各週の意思決定の結果と合わせて、必要に応じて、10%以内（端数は切り上げ）で増減することが可能です。

表4 サプライヤーの設備能力指定

パラメータ名	説明
仕上ライン数	後工程のラインの本数

ここで、指定するライン本数だけ、後工程のラインが設定されます。各ラインの能力はどれも同じです。ライン本数を増やすことで、複数のロットを同時並行的に生産することができ、設備の待ちによる見かけ上の生産リードタイムの増加を抑えることが可能となります。

初期在庫の設定

サプライヤーは、コンペの各ラウンド開始前に、部品に関する完成品在庫の設定をする必要があります。ここで設定する初期在庫は、サプライヤーが前工程の生産の手配をして、それが仕掛在庫となり、その後後工程の生産を経て、最終的に部品が完成するまでに必要なリードタイムが0でないための対応です。第1週目の最初の数日の注文に対応した出荷は、この初期在庫が引き当てられます。

初期在庫の設定は、表5に示されたフィールドからなるレコードを複数設定することによって行います。なお、部品番号はユニークである必要があります。

表5 サプライヤーの初期在庫

フィールド名	説明
プレイヤー番号	設定を行うプレイヤー自身の番号
部品番号	在庫を要求する部品の番号
初期在庫数	必要な在庫数

受注情報

サプライヤーは、毎週、注文情報をサプライチェーン管理センターから受け取ります。注文情報は、表6のフィールドによって構成されています。ここで、納入日は、その週における曜日に相当する1～5の数となります。

表6 サプライヤーの受注情報

フィールド名	説明
プレイヤー番号	注文を受け取るプレイヤー自身の番号
部品番号	注文された部品の番号
納入日	納入指定日
数量	納入数量

たとえば、1週目の受注情報は、図10のような形で表現することができます。

部品	1週				
	1	2	3	4	5
	月	火	水	木	金
1	7	6	0	0	0
2	1	0	0	6	4
3	0	2	6	6	0
4	3	0	5	0	0
5	0	5	0	1	0
6	0	0	0	0	9
7	6	0	0	0	9
8	0	9	4	2	0
9	0	0	0	2	1
10	7	3	9	3	0

図10 サプライヤーが受け取る受注情報の例

前工程の手配

各週において、サプライヤーは、前工程（加工工程）の生産の手配を行う必要があります。これによって、前工程で生産が実施され、中間仕掛品が生成されます。前工程の生産手配では、部品番号および着手日と数量（ロットサイズ）を指定します。

サプライヤーは、具体的には、表7の情報を設定し、サプライチェーン管理センターへ送信します。この前工程は、能力が無限大であると仮定しているため、ここで指定した手配内容に対して、常に、その着手日に生産が開始され、あらかじめ設定された前工程のリードタイム後に、指定した数量の中間仕掛品が生成されます。

ここで、部品番号と着手日の組でユニークとしてください。また、着手日は、その週で対象とする日付としてください。

表7 サプライヤーの加工工程手配

フィールド名	説明
プレイヤー番号	注文を送るプレイヤー自身の番号
部品番号	生産する部品の番号
着手日	着手する日（1～5の整数）
数量	生産ロットサイズ

後工程の手配

続いて、サプライヤーは、対象週における後工程（仕上工程）の生産手配をする必要があります。ここでは、対象とする週の各日において、どの部品を、何番目の生産ラインによって、何個、生産着手するかを指定します。ただし、必要とする中間仕掛品の在庫がない場合や、指定したラインが別のロットの生産によって利用されている場合、実際の着手日は、指定された着手日とはなりません。それ以降の日で、着手可能となるまで待たされます。完了日は、着手日から生産リードタイムだけ日数が経過した日となります。

後工程の生産手配にあたっては、具体的には、表8の各フィールドからなるレコードを作成し、サプライチェーン管理センターへ送信します。ここで指定した1つのレコードがジョブとして生成されます。ここで、部品番号と着手日の組に関してユニークとしてください。また、優先度とは、もし複数のジョブが競合した場合に、どのジョブを選択するかを表します（この数が大きいほうが優先されます）。

表8 サプライヤーの仕上工程手配

フィールド名	説明
プレイヤー番号	生産を行うプレイヤー自身の番号
部品番号	生産する部品番号
着手日（手配日）	着手する日（1～5の整数）
数量	生産ロットサイズ
ライン番号	ブランク、または1以上、所有するライン本数以下
優先度	競合した場合の優先度（0以上の整数）

ここで設定した内容にしたがって、サプライチェーン・シミュレータが、各週の終了時に、サプライチェーン内に存在する実際のモノの動きをシミュレーションによって求めます。各プレイヤーは、その結果を、各週の終了時に、ダウンロードするか、共通スクリーンにて確認することができます。

シミュレータの動き

サプライチェーン・シミュレータは、後工程について、指定した着手日（手配日）において、まず必要な仕掛部品の在庫があるかを確認します。在庫が存在する場合には、それらを引当て（在庫数量を必要数減算し）、以下の内容を考慮しながら、最終的に実際の着手日を確定します。

後工程の場合は、各ラインにおいて複数製品を同時に生産しないために、生産リードタイムの間、それぞれのラインをブロックします。着手日から生産リードタイム経過した後として後工程の完了日がもとなり、その日の部品の完成品在庫量を手配数量だけ増加させます。

上記の手順の中で、複数のジョブが、同一の組立ラインを取り合う場合があります。このような場合には、各手配の優先度の値が大きいものが優先され、その順で生産ラインの引当てが検討されます。ただし、当初の手配日が古いものが、この優先度の指定の前に選択され、同一の手配日の中では優先度が考慮されます。

生産の手配において、ラインの指定がない場合には、サプライチェーン・シミュレータ内で自動割付ロジックが適用されます。もし、優先度ルールにもとづいて選択された生産手配情報が、ライン指定なしのものである場合には、その時点で利用可能な後工程ラインの中から、任意にひとつ選択し、そのラインに割当てます。もし、利用可能な後工程ラインがひとつも存在しない場合には、割付はおこなわずに、次の日についての検討を行います。

評価指標

サプライヤー各週における意思決定の結果は、その週の終了時に、売上合計と各費用合計として提示され、各週での利益がその都度計算されます。各指標の計算式は以下のとおりです。

総利益	=	$\sum_{\text{月曜} \sim \text{金曜}}$	{日別総利益}
日別総利益	=	日別総売上	− 日別総費用
日別総売上	=	$\sum_{\text{当該日に出荷した受注}}$	{出荷数量 × 部品販売価格}
日別総費用	=	在庫管理費	+ 直接業務費 + 直接材料費 + 設備費
在庫管理費	=	仕掛在庫費	+ 部品在庫費
直接業務費	=	$\sum_{\text{当該日に前工程着手した部品}}$	{加工固定費}
設備費	=	$\sum_{\text{保有設備}}$	{設備遊休数量 × アイドル費係数}
直接材料費	=	$\sum_{\text{当該日に前工程着手した部品}}$	{着手数量 × 資材購入価格}

$$\begin{aligned} \text{部品在庫費} &= \sum_{\text{部品}} \{ \text{部品在庫数} \times \text{部品在庫保管費} \} \\ \text{仕掛在庫費} &= \sum_{\text{部品}} \{ \text{仕掛在庫数} \times \text{仕掛在庫保管費} \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{部品在庫保管費} &= \text{部品販売価格} \times 0.005 \\ \text{仕掛在庫保管費} &= \text{資材購入価格} \times 0.002 \end{aligned}$$

メーカーの意思決定

意思決定の概要

メーカーの概略を図 11に示します。メーカーは、受け取った注文にしたがい、取り扱う 10 種類の製品を、部品から組み立てることで生産します。各製品を生産するために必要な部品は、あらかじめ部品構成情報 (BOM) としてその種類と必要数が与えられています。したがって、メーカーはまず、受け取った注文の内容に応じて、必要な部品をサプライヤーから購買するための発注をしなければなりません。ここで、発注した内容にしたがい、サプライヤーが、指定した納入日に指定した数量の部品をメーカーに納入します。

続いてメーカーは、受注内容にしたがい、製品を生産するための生産手配を行います。生産手配では、それぞれ、どの製品を、いつ、どの組立てラインで生産するかを決定します。組立ラインは A、B の 2 本あり、生産指示に応じて混流生産を行います。生産に必要な日数はあらかじめ設定されていますが、ラインの負荷の状況によって見かけ上、長くなる場合があります。

組立てが完了した製品は、その完成日の在庫として加算されます。そして、受注した注文の指定納入日において消費され、その数だけ完成品在庫数が減算されます。もし、必要数だけ製品在庫が存在しない場合には、納期遅延となり、翌日以降で必要数が生産された後に引き当てられます。

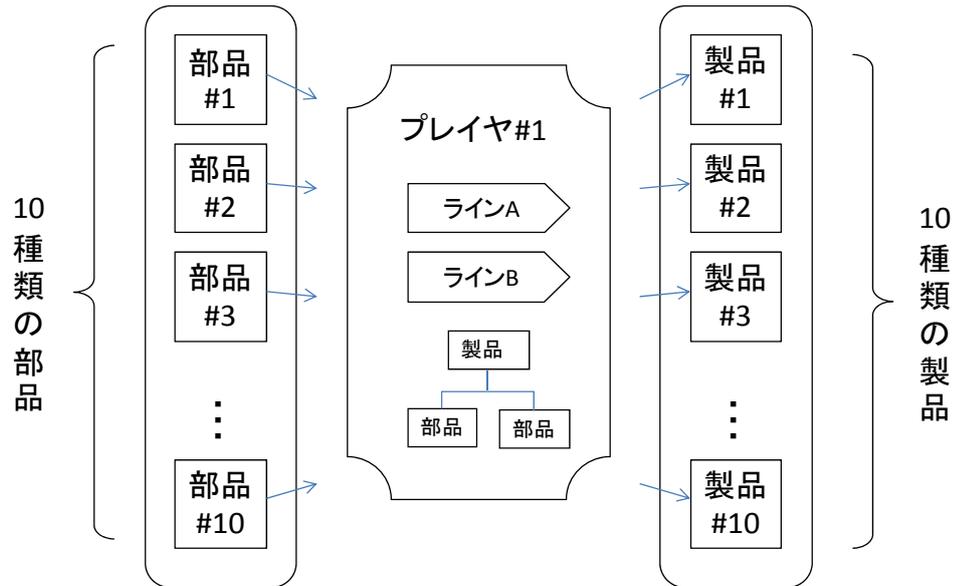


図 11 メーカーの概要

マスター情報

メーカーは、ディストリビュータからの注文に対して、所有する2本の組立ラインを用いて生産を行います。各メーカーには、コンペ開始時に、表9の情報がサプライチェーン管理センターより与えられます。

ここで、製品別ライン指定は、A、Bいずれかの組立ラインでなければ生産できない場合に設定され、それ以外の場合には空白となっています。また、製品別の生産リードタイムは、組立に必要な最低限の日数を表しており、この日数だけ繰返し製品別生産必要工数に相当する負荷がラインに発生します。

表9 メーカーのマスター情報

パラメータ名	説明
製品販売価格	販売価格（製品ごと）
生産ライン指定	A、B、またはブランク（製品ごと）
生産リードタイム	必要日数（1以上の整数）（製品ごと）
生産必要工数	各日に必要とする製品あたりの工数（分）
最小ロットサイズ	生産可能な最小のロットサイズ（製品ごと）
部品購入価格	購入価格（部品ごと）
購買固定費	1回の発注で必要な費用（部品ごと）
アイドル費係数	設備のアイドル費を計算するための係数（ラインごと）
製品構成数	製品と部品の親子関係

また、各プレイヤーは、コンペ開始時（ラウンド開始前）に表10のパラメータを指定する必要があります。このパラメータは、各週の意思決定の中で、必要に応じて、±10%以内（端数は切り捨て）で変更することが可能です。

表10 メーカーの設備能力指定

パラメータ名	説明
ライン生産能力	ラインが保有する生産能力（マシン分）（ラインごと）

ここで、ライン生産能力とは、各ラインが一日で生産することができる能力を時間（分）であらわしたものです。通常は、一日は通常1440分ですが、それ以上を指定することも可能です。ここで指定するだけの能力をラインが一日で生産することができることを意味します。（たとえば、2名の作業者がラインで作業すれば、計算上、2倍の生産能力を持つこととなります。）

初期在庫の設定

メーカーは、コンペ開始時（ラウンド開始時）に、完成品在庫の設定をする必要があります。ここで設定する初期在庫は、生産の手配をして、実際に製品が完成するまでに必要なリードタイムが0でないための対応となります。第1週目の最初の数日の注文に対応した出荷は、この初期在庫が引き当てられます。

初期在庫の設定は、表11のフィールドからなるレコードを複数設定することによって行います。なお、製品番号はユニークである必要があります。また、製品番号は、そのプレイヤーが担当するものでなければなりません。

表 11 メーカーの初期在庫

フィールド名	説明
プレイヤー番号	設定を行うプレイヤー自身の番号
製品番号	必要な製品の番号
初期在庫数	必要な製品の種類

受注情報

メーカーは、毎週、受注情報として、サプライチェーン管理センターから注文を受け取ります。受注情報は、表 12 のフィールドによって構成されています。製品番号はユニークである必要があります。

表 12 メーカーの受注情報

フィールド名	説明
プレイヤー番号	注文を受け取るプレイヤー自身の番号
製品番号	受注した製品の場号
納入日	指定された納入日
数量	指定された数量

たとえば、1 週目の受注情報は、図 12 のような形で表現することができます。

製品	2週				
	6月	7火	8水	9木	10金
1	9	0	0	3	9
2	0	0	0	1	2
3	0	0	8	6	0
4	0	0	0	0	2
5	9	7	0	2	0
6	4	5	0	2	1
7	8	0	0	0	5
8	0	0	2	8	8
9	0	0	0	9	0
10	0	0	0	0	0

図 12 メーカーが受け取る受注情報の例

部品の発注

各週において、メーカーは、サプライヤーに対して、部品の購買の注文を発行する必要があります。ここでは、個々のサプライヤー（プレイヤー）に対して発注するのではなく、サプライヤークラスに対して発注を行い、サプライチェーン管理センターがその注文を、各サプライヤー企業に配分します。

メーカーは、部品の購買業務として、表 13 の情報を設定し、サプライチェーン管理センターへ送信します。ここで指定した購買要求に対して、必ずその納入日に、指定した数量の納入があります。コンペの中では、実際に注文を受け取ったサプライヤーが納期遅延を起こす場合もありますが、それらの遅延は、サプライチェーン管理センター内において、仮想のサプライヤーによって代替され、その影響が波及しないようになっています。なお、部品番号と納入日の組でユニークとなっている必要があります。

表 13 メーカーの部品購買手配

フィールド名	説明
プレイヤー番号	注文を送るプレイヤー自身の番号
部品番号	購入する部品の番号
納入日	要求する部品の納入日
数量	要求する部品の数量

生産の手配

続いて、メーカーは、対象週における生産の手配をする必要があります。ここでは、対象とする週の各日において、どの製品を、どの生産ラインによって、何個、生産着手するかを指定します。ただし、実際にシミュレータによって設定される着手日が指定した通りになるとは限りません。必要とする部品の引当や、指定したラインの負荷によっては、当初の要求が実現不可能な場合もあり、その場合には、着手日が指定した日とはならず、それ以降の日となる場合があります。また、完了日は、通常は、着手日から生産リードタイムだけ日数が経過した日となりますが、対象ラインの負荷によっては、着手日がずらされるため、結果として完了日もずらされる場合があります。

生産の手配にあたっては、具体的には、表 14 の各フィールドからなるレコードを作成し、サプライチェーン管理センターへ送信します。これらのフィールドからなる 1 レコードがジョブとして生成されます。ここで、製品番号と着手日の組に関してユニークとしてください。優先度とは、もし複数のジョブが競合した場合に、どのジョブ

を選択するかを表します（この数が大きいほうが優先されます）。

表 14 メーカーの生産手配情報

フィールド名	説明
プレイヤー番号	生産を行うプレイヤー自身の番号
製品番号	生産を手配する製品番号
着手日（手配日）	生産着手を手配する日（1～5の整数）
数量	生産ロットサイズ
ライン番号	A、Bいずれかを指定するか、または空白
優先度	競合した場合の優先度（0以上の整数）

シミュレータの動き

サプライチェーン・シミュレータは、ここで設定された内容にしたがって、各週の終了時に、サプライチェーン内に存在する実際のモノの動きを計算によって求めます。各プレイヤーは、その結果を、各週の終了時に、サプライチェーン管理センターからダウンロードするか、共通スクリーンにて確認することができます。

指定した手配日において、サプライチェーン・シミュレータは、まず必要な部品の在庫があるかを確認します。すべての在庫が存在する場合には、それらを引当て（在庫数量を必要数減算し）、以下の内容を考慮しながら、最終的に実際の着手日を確定します。まず、必要となる工数を製品別必要工数と製品数を乗算して求め、その工数だけ対象ラインの能力に余裕があるかを調べます。もし、完了日まですべての日にちについて余裕がある場合には、その着手日を確定させます。そうでない場合は、その日以降の可能な日まで、着手日をずらします。上記の手順の中で、複数の生産手配が、同一の組立ラインの能力を取り合う場合があります。このような場合には、各手配の優先度の値が大きいものが優先され、その順で引当てが検討されます。ただし、当初プレイヤーが指定した手配日が古いものが、この優先度の指定の前に選択され、同一の手配日の中では優先度が考慮されます。

生産の手配において、ラインの指定がない場合で、さらにその製品にマスター情報としてあらかじめ指定されたラインもない場合には、実着手日を決定する段階において、早い日に割付可能なラインが優先されます。

評価指標

メーカーの各週における意思決定の結果は、その週の終了時に、売上合計と各費用合計として提示され、各週での利益がその都度計算されます。各指標の計算式は以下

の通りです。

$$\begin{aligned} \text{総利益} &= \sum_{\text{月曜} \sim \text{金曜}} \{ \text{日別総利益} \} \\ \text{日別総利益} &= \text{日別総売上} - \text{日別総費用} \\ \text{日別総売上} &= \sum_{\text{当該日に出荷した受注}} \{ \text{出荷数量} \times \text{製品販売価格} \} \\ \text{日別総費用} &= \text{在庫管理費} + \text{直接業務費} + \text{直接材料費} + \text{設備費} \\ \\ \text{在庫管理費} &= \text{製品在庫費} + \text{部品在庫費} \\ \text{直接業務費} &= \sum_{\text{部品}} \{ \text{当該日の発注回数} \times \text{購買固定費} \} \\ \text{設備費} &= \sum_{\text{保有設備}} \{ \text{設備遊休時間 (分)} \times \text{アイドル費係数} \} \\ \text{直接材料費} &= \sum_{\text{当該日の発注}} \{ \text{発注数量} \times \text{部品購入価格} \} \\ \\ \text{部品在庫費} &= \sum_{\text{製品}} \{ \text{業務終了後の部品在庫数量} \times \text{部品在庫保管費} \} \\ \text{製品在庫費} &= \sum_{\text{製品}} \{ \text{業務終了後の製品在庫数量} \times \text{製品在庫保管費} \} \\ \\ \text{部品在庫保管費} &= \text{部品別仕入価格} \times 0.005 \\ \text{製品在庫保管費} &= \text{製品別販売価格} \times 0.01 \end{aligned}$$

ディストリビュータの意思決定

意思決定の概要

ディストリビュータの概要を

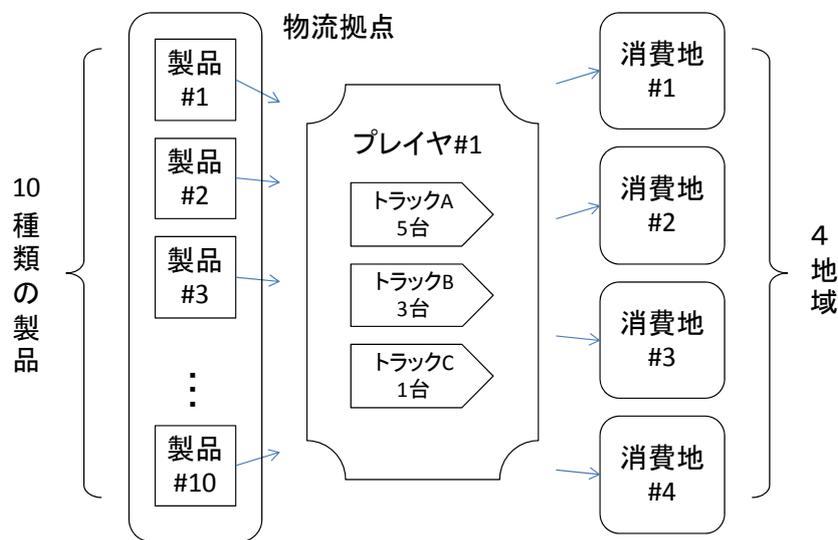


図 13に示します。ディストリビュータは、自社がもつ中央倉庫から、4つの各消費地に対して製品の輸送を行います。まず、需要予測や毎週受け取る最終消費地からの受注に対応して、必要な製品をメーカーに発注します。ここで、ディストリビュータが発注した内容にしたがい、サプライチェーン管理センターが指定したメーカーが、指定した納入日に指定した数量の製品をディストリビュータがもつ中央倉庫へ納入します。

続いてディストリビュータは、最終消費地からの受注内容にしたがい、製品の輸送手配を行います。輸送手配では、それぞれ、どの製品を、いつ、どの消費地へ、どのトラックで輸送するかを決定します。消費地に輸送した製品は、注文で指定された納入日において消費され、その数だけ消費地在庫にある該当製品の在庫数が減算されます。もし、必要数だけ製品が消費地在庫として存在しない場合には、納期遅延となり、翌日以降で必要数が輸送された後に引き当てられます。

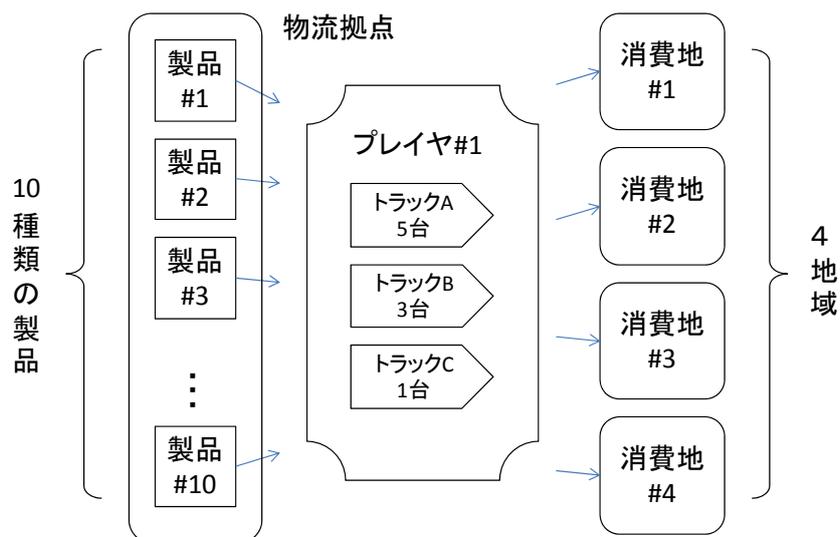


図 13 ディストリビュータの概要

マスター情報

ディストリビュータは、最終需要地からの注文に対して、所有する3種類のトラックを用いて自社の中央倉庫から各需要地へ製品を輸送します。ディストリビュータには、コンペ開始時に、表 15 の情報がサプライチェーン管理センターより与えられます。

表 15 ディストリビュータのマスター情報

パラメータ名	説明
製品販売価格	製品の1個あたりの販売価格（製品ごと）
製品購入価格	製品の1個あたりの購入価格（製品ごと）
製品重量	製品の1個あたりの重量（製品ごと）
最大積載重量	1回で輸送することができる製品の合計重量（トラック種類ごと）
購買固定費	1回あたり製品を購入する際の費用（製品ごと）
輸送固定費	1回の輸送を行うごとに発生する輸送費（トラック種類ごと）
アイドル費係数	設備のアイドル費を計算するための係数

また、各プレイヤーは、コンペ開始時（ラウンド開始前）にトラック数を指定する必要があります。さらに、各週の意思決定の中で、必要に応じて、10%以内（端数は切り上げ）で増減することが可能です。トラックの指定の方法は、トラック数の指定の節を参照してください。

初期在庫の設定

ディストリビュータは、コンペ開始時（ラウンド開始時）に、担当する各消費地の流通在庫の設定をする必要があります。ここで設定する初期在庫は、輸送を手配し、実際に製品が各消費地に輸送されるまでに 1 日のリードタイムが必要であるための対応であり、初日の受注はこの初期在庫が引き当てられます。

初期在庫の設定は、表 16 のフィールドからなるレコードを複数設定することによって行います。なお、製品番号と消費地番号の組み合わせに対して、レコードがユニークである必要があります。

表 16 ディストリビュータの設備能力

フィールド名	説明
プレイヤー番号	設定を行うプレイヤー自身の番号
製品番号	要求する製品番号
消費地番号	要求する消費地の番号
初期在庫数	要求する数量

トラック数の指定

コンペの開始前および、各週の意思決定において、所有するトラック数を指定することができます。トラックは、大、中、小の3種類あり、各トラックの種類に対して、それぞれ何台必要であるかを、あらかじめ指定しておきます。実際に輸送手配の時点で指定するトラック番号は、各トラック種類ごとに、1からの通し番号で、ここで指定した値を越えることはできません。

各週における意思決定サイクルの中で、それぞれのトラック種類に属するトラック数を変更する場合には、変更部分のみではなく、3種類すべての情報を再度、サプライチェーン管理センターに送信する必要があります。その際には、それまでの情報はクリアされ、翌週以降は、新しい内容で輸送ができるようになります。ただし、変更の場合には、合計のトラックの積載容量が、変更前の10%以内（端数は切り上げ）でなければなりません。

表 17 ディストリビュータの輸送設備

フィールド名	説明
プレイヤー番号	輸送を行うプレイヤー自身の番号
トラック種類	A、B、Cのいずれかを指定
トラック台数	各種類のトラック台数

受注情報

ディストリビュータは、毎週、各消費地からの受注情報をサプライチェーン管理センターから受け取ります。受け取る注文情報は、表 18 のフィールドによって構成されています。ここで、製品番号と消費地番号の組み合わせに対して、レコードがユニークである必要があります。

表 18 ディストリビュータの受注情報

フィールド名	説明
プレイヤー番号	注文を受け取るプレイヤー自身の番号
製品番号	納入する製品の番号
消費地番号	納入する消費地の番号
納入日	納入する日
数量	要求された納入数量

たとえば、1週目の受注情報は、図 14のような形で表現することができます。ここでは、2地域（消費地）分のみ示していますが、これが担当する4消費地分すべて与えられます

地域	製品	1週				
		1	2	3	4	5
		月	火	水	木	金
1	1	5	0	9	7	0
	2	0	6	0	0	0
	3	0	0	2	0	0
	4	0	4	4	1	7
	5	0	5	8	7	0
	6	0	6	3	0	0
	7	5	1	0	8	0
	8	0	3	0	0	3
	9	1	0	1	6	2
	10	0	7	7	5	0
	1	6	8	0	6	0
	2	0	0	3	0	0

図 14 ディストリビュータが受け取る受注情報の例

製品の発注

各週において、ディストリビュータは、メーカーに対して、製品の発注を行う必要があります。ここでは、個々のメーカー（プレイヤー）に対して発注するのではなく、メーカーグループに対して発注を行い、サプライチェーン管理センターがその注文を、各メーカーに配分します。

ディストリビュータは、製品の購買業務を行うにあたり、表 19 に示された情報を設定し、サプライチェーン管理センターへ送信します。ここで指定した購買手配に対して、必ずその納入日に、指定した数量の納入があります。コンペの中では、実際に注文を受け取ったメーカーが納期遅延を起こす場合もありますが、それらの遅延は、サプライチェーン管理センター内において、仮想のメーカーによって代替され、その影

響が波及しないようになっています。ここで、製品番号と納入日はユニークとなっていないければなりません。

表 19 ディストリビュータ製品購買

フィールド名	説明
プレイヤー番号	注文を送るプレイヤー自身の番号
製品番号	購入する製品の番号
納入日	希望する納入日
数量	希望する納入数

輸送の手配

続いて、ディストリビュータは、対象週における輸送の手配をする必要があります。ここでは、対象とする週の各日において、どの製品を、どの消費地へ、何個、どのトラックによって輸送するかを指定します。具体的には、表 20 の各フィールドからなるレコードを作成し、サプライチェーン管理センターへ送信します。これらのフィールドからなる 1 レコードが“輸送ジョブ”として生成されます。

輸送にかかるリードタイムはすべて 1 日であり、輸送日のうちに製品の輸送は完了します。その間、トラックは占有され、他の消費地への輸送や複数回の輸送はできません。しかし、輸送された製品は、輸送日（輸送着手日）に最終消費地からの注文に引き当てることはできず、その輸送日の翌日以降の注文に利用されます。

トラック番号は、あらかじめトラックの台数を要求した時に設定した値を最大とする 1 以上の整数です。トラック番号を指定せずに、トラック種類のみを指定した場合には、シミュレータが自動計算により、自社で保有する指定した種類のトラックの中から選択し、割り当てます。

なお、ひとつのトラックに複数種類の製品を混載することは可能です。また、最終消費地からのひとつの注文のまとめ（同一製品で同一納入日のもの）を、複数のトラックに分割して輸送することも可能です。

ここで、製品番号、消費地番号、そして輸送日の組でユニークとなるようにしてください。優先度は、もし複数のジョブが競合した場合に、どのジョブを選択するかを表します（この数が大きいほうが優先されます）。

表 20 ディストリビュータの輸送手配

フィールド名	説明
プレイヤー番号	輸送を行うプレイヤー自身の番号
製品番号	輸送する製品番号
消費地番号	輸送先の消費地番号
輸送日	輸送する日（1～5の整数）
数量	輸送ロットサイズ
トラック種類	A、B、Cのいずれかを指定
トラック番号	各トラック種類の台数を最大値とする1以上の整数
優先度	競合した場合の優先度（0以上の整数）

シミュレータの動き

サプライチェーン・シミュレータは、ここで設定された輸送手配の内容にしたがって、各週の終了時に、サプライチェーン内のモノの動きを計算によって求めます。各プレイヤーは、その結果を、各週の終了時に、サプライチェーン管理センターからダウンロードするか、共通スクリーンにて確認することができます。

指定した輸送日において、指定したトラックは、複数の製品を混載し、指定した消費地に輸送することができます。上記の輸送の手配において、同一の輸送日について、各トラックの輸送先である消費地番号はすべて同じとなります。

同一の輸送トラックで同一輸送日に指定された製品の合計重量は、そのトラック種類に応じて定義された最大積載重量を超えることはありません。また、サプライチェーン・シミュレータでは、1つの輸送ジョブは、必ず1台のトラックによって輸送されます。

また、混載にあたり、それらの製品の合計重量が、トラック種類に応じて定義された最大積載重量を超えてはなりません。もし、最大積載重量を超えた場合には、各ジョブで設定された優先度の値の大きなものから順に積載されるものとします。

上記の制約により、輸送が、指定した輸送日に実行されなかった場合には、その指定ジョブは、手配日の翌日以降に持ち越され、条件が整うまで繰返しトライされます。これらの繰越されたジョブは、当該日の新規のジョブに先だって、手配日の早いものから順に輸送の可否が調べられます。

評価指標

ディストリビュータの各週における意思決定の結果は、その週の終了時に、売上合計と各費用合計として提示され、各週での利益がその都度計算されます。各指標の計

算式は以下のとおりです。

$$\begin{aligned} \text{総利益} &= \sum_{\text{月曜} \sim \text{金曜}} \{ \text{日別総利益} \} \\ \text{日別総利益} &= \text{日別総売上} - \text{日別総費用} \\ \text{日別総売上} &= \sum_{\text{当該日に出荷した受注}} \{ \text{出荷数量} \times \text{製品別販売価格} \} \\ \text{日別総費用} &= \text{在庫管理費} + \text{直接業務費} + \text{直接材料費} + \text{設備費} \\ \\ \text{在庫管理費} &= \text{中央在庫費} + \text{消費地在庫費} \\ \text{直接業務費} &= \text{購買費} + \text{輸送費} \\ \text{設備費} &= \sum_{\text{保有設備}} \{ \text{未利用積載重量} \times \text{アイドル費係数} \} \\ \text{直接材料費} &= \sum_{\text{当該日の発注}} \{ \text{発注数量} \times \text{製品別仕入価格} \} \\ \\ \text{中央在庫費} &= \sum_{\text{製品}} \{ \text{製品在庫数量} \times \text{中央在庫保管費} \} \\ \text{消費地在庫費} &= \sum_{\text{消費地}} \sum_{\text{製品}} \{ \text{消費地在庫数量} \times \text{消費地在庫保管費} \} \\ \\ \text{中央在庫保管費} &= \text{製品購入価格} \times 0.01 \\ \text{消費地在庫保管費} &= \text{製品販売価格} \times 0.015 \\ \\ \text{購買費} &= \sum_{\text{製品}} \{ \text{購買固定費} \times \text{当該日の発注回数} \} \\ \text{輸送費} &= \sum_{\text{トラック種別}} \{ \text{輸送固定費} \times \text{当該日輸送トラック数} \} \end{aligned}$$

ソフトウェアの操作方法

システムの構成

コンペ全体としては図 15のようなネットワーク構成でデータの送受信が行われます。それぞれのPCおよびサーバーにインストールされているソフトウェアも合わせて示します。各クライアントPCおよびサーバーは、無線LANのアクセスポイントを経由して相互に接続します。したがって、各プレイヤーのノートPCは、無線LANへの接続機能が必要となります。

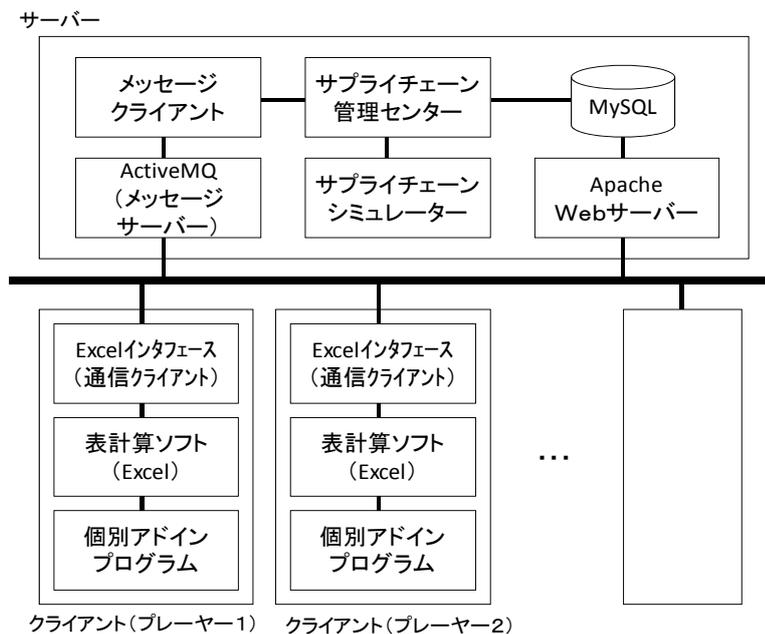


図 15 システムの全体構成

また、各プレイヤーが利用するPCには、Microsoft Excelが必要となります。さらに、また、通信のためのソフトウェア（コンペホームページよりダウンロード可能）が必要です。

インストール方法

各プレイヤーが操作するクライアントPCでは、コンペ用のソフトウェアのインストールが必要です。インストールは、サプライチェーンコンペティション 2010 の Web ページよりモジュールをダウンロードし、圧縮ファイルを解凍するだけです。フォルダは任意の位置に保存してください。以下に、解凍後のフォルダの内容を示します。



図 16 ソフトウェアの内容

プログラムを起動するには、解凍フォルダにある **SCM2010.exe** をダブルクリックしてください。なお、実行環境は、**WindowsXP SP2** 以上の OS で、**.NET Framework 2.0** 以上がインストールされている必要があります。また、**Excel** のバージョンは、**Excel 2000** 以上である必要があります。

ログイン

以下に操作手順を示します。まず、プログラムを起動すると、図 17 のようなログイン画面が表示されます。コンペ当日は、配布されたユーザ ID とパスワードを入力してください。練習用として実施する場合は、任意のユーザ ID（空白は不可）を入力してください。



図 17 ログイン画面

ログイン画面のサーバーアドレスの入力域には、コンペ当日に指定されたサーバーの IP アドレス（たとえば、192.168.11.100）を入力してください。なお、練習用の場合は、デフォルトとして設定してある“localhost”のままとします。

メインメニュー

ログイン画面でユーザ認証が成功すると、図 18 のようなメインメニューの画面が表示されます。メインメニューの各ボタンの機能は表 21 にある通りです。



図 18 メインメニュー

表 21 メニューの内容

メニュー名	内容
Excel を開く	フロントエンドとして Excel を起動します。
マスター取得	マスター情報をサーバーから Excel へダウンロードします。
注文の取得	各週の注文情報をサーバーから Excel へダウンロードします。
手配の送信	作成した手配情報を Excel からサーバーへアップロードします。
接続テスト	サーバーとの通信テストを行います。
終了	すべての処理を終了します。

通信接続テスト

コンペの開始に先立って、まず、各クライアントPCとサーバーとの間でのメッセージ通信（アップロード、ダウンロード）が可能かどうか、基本的な道通テストを行ってください。メインメニューで「接続テスト」ボタンをクリックし、図 19のようなメッセージ（IDの値は異なってもよい）が表示されれば、基本的な接続が成功したことを意味します。

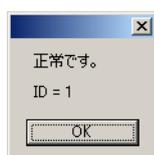


図 19 接続テストの結果

上記以外の場合には、なんらかの異常が考えられます。表 22 の表を参考にして、解決してください。なお、ここでは、サーバーが正しくインストールされていることを前提とします。サーバーのインストールおよび操作については、本マニュアルの続編である“実施マニュアル”を参照してください。

表 22 エラーメッセージの原因と対策

No	メッセージ内容	原因と対策
1	サーバーに接続できません。対象のコンピュータによって拒否されたため、接続できませんでした。XXXX.XXXX.XXXX:61616	サーバーの IP アドレスが正しくないか、ネットワークカードが正しく設定されていない。あるいはファイアウォールによって、ポートが遮断されている場合など。サーバーアドレスが localhost の場合であっても、ネットワークカードが必要です。
2	タイムアウトしました。	サーバーが正しくメッセージを処理できなかった場合は、ユーザ ID が競合している場合などが考えられます。
3	その他のエラー	モジュールが正しくインストールされていない場合などに起こります。

Excelシートの構成

メインメニューで「Excelを開く」ボタンをクリックすると、ファイル選択ダイアログが表示されます。ここで、ダウンロードフォルダにある“SCM2010.xls”を選択してください。もし、キャンセルボタンを押すと、新規のExcelが表示されます。なお、このSCM2010.xls ファイルを直接クリックして起動した場合は、データの送受信ができなくなりますので、注意してください。

SCM2010 ワークブックには、表 23 に示されたシートが含まれています。それぞれのデータのサンプルは、次節を参照してください。

表 23 Excelシートの種類

シート名	内容
受注オーダー	サプライチェーン管理センターから受信した注文の内容が表示されます。
発注オーダー	各週の意思決定の結果として、購買手配や、サプライヤーの前工程の生産手配の内容を設定します。
生産オーダー	ディストリビュータの輸送手配、メーカーの加工手配、あるいはサプライヤーの仕上工程の生産手配を設定します。
在庫オーダー	コンペ開始前に、初期在庫を依頼する場合に、必要な在庫量を設定します。
能力オーダー	コンペ開始前、あるいは、毎週、もし設備の能力を変更したい場合には、その内容を設定します。
設備マスター	生産ラインや輸送トラックなど、設備に関するさまざまなマスター情報が設定されています。
工程マスター	生産プロセスや輸送プロセスなど、工程に関する設備ごと、あるいは製品ごとのパラメータが設定されています。
品目マスター	それぞれのステージにおいて取り扱う製品の価格やその他のマスター情報が設定されています。
品目構成	それぞれの製品が、どの構成部品をいくつ必要とするかについて、構成情報が設定されています。
在庫推移	シミュレータが各週において計算した日ごとの在庫推移が、各製品について設定されています。
能力推移	シミュレータが各週において計算して日ごとの各設備あるいはトラックの稼動状況が設定されています。

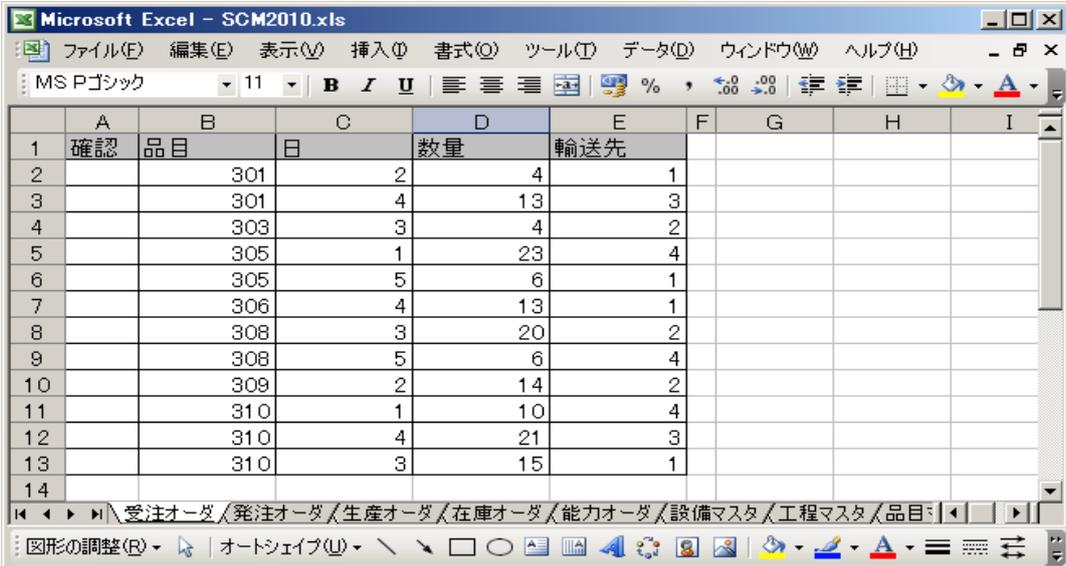
サーバーとの通信

Excel に表示されたデータをサーバーにアップロードしたり、サーバーのデータを Excel にダウンロードする場合には、各シートを表示した状態で、メインメニューにあるボタンをクリックします。

まず、さまざまなマスター情報をダウンロードするためには、該当するシートを表示した状態で、「マスター取得」ボタンをクリックしてください。サーバーにある情報が Excel シート上に表示されます。必要に応じて、複数のシートについて、同様の処理を行ってください。

続いて、注文情報のダウンロードを行う場合には、“受注データ”シートを表示した状態で、「注文の取得」ボタンをクリックします。この際、すでに表示されている情報は、すべて消去されます。（事前にユーザが消去することも可能ですが、第一行目を消去すると、ダウンロードできなくなります。）

受け取った情報をもとに、各プレイヤーがさまざまな計算を行った結果、手配情報が確定したら、“発注データ”シート、および“生産オーダー”シートを表示した状態で、「手配の送信」ボタンをクリックしてください。シートにある情報がサーバーに送られます。正常に送信できた場合には、シートの第一列（左端列）にチェックが表示されます。なお、一度送信し、受理された内容は、キャンセルすることはできません。



The screenshot shows a Microsoft Excel window titled "Microsoft Excel - SCM2010.xls". The spreadsheet contains a table with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	確認	品目	日	数量	輸送先				
2		301	2	4	1				
3		301	4	13	3				
4		303	3	4	2				
5		305	1	23	4				
6		305	5	6	1				
7		306	4	13	1				
8		308	3	20	2				
9		308	5	6	4				
10		309	2	14	2				
11		310	1	10	4				
12		310	4	21	3				
13		310	3	15	1				
14									

図 20 Excel シートの表示例

付録 1 (サンプルデータ)

受注オーダー

表 24 に受注オーダーの例を示します。これは、ディストリビュータの場合の例です。メーカー、サプライヤーは、輸送先の列がないだけで、後は同一の形式となります。品目と日の組み合わせでユニークとなっています。

表 24 発注オーダーの例

確認	品目	日	数量	輸送先
	301	2	4	1
	301	4	13	3
	303	3	4	2
	305	1	23	4
	305	5	6	1
	306	4	13	1
	308	3	20	2
	308	5	6	4
	309	2	14	2
	310	1	10	4
	310	4	21	3
	310	3	15	1

発注オーダー

表 25 に、発注オーダーに設定された購買手配の内容の例を示します。これは、各プレイヤーが設定するものです。表では、品目と日のあわせでユニークとなっている必要があります。重複する場合は、無視されるか、あるいは、上書きされます。(サーバー上の設定に依存します。)

表 25 発注オーダーの例

確認	品目	日	数量
	201	1	30
	201	4	30
	203	2	20
	203	5	20
	204	1	40
	205	1	50
	206	3	10

生産オーダー

表 26 に、生産手配、あるいは輸送手配の内容として、各プレイヤーが設定するデータの形式を示します。まず、サプライヤーについては、以下のように、仕上ラインの設備番号を指定し、生産着手する日と品目そして数量を設定します。設備 ID は、1 から始まる正の整数で、能力オーダーによって依頼したライン数以下でなければなりません。

表 26 生産オーダーの例

確認	設備	設備ID	品目	日	数量
	仕上ライン	1	101	1	30
	仕上ライン	1	102	5	30
	仕上ライン	3	103	3	10
	仕上ライン	4	104	2	20
	仕上ライン	4	106	5	20
	仕上ライン	6	107	1	30
	仕上ライン	7	110	3	50

表 27 は、メーカーが行う生産手配の内容の例です。ここに示すように、それぞれの品目に対して、ラインを指定します（省略可）。品目によっては、設備があらかじめ決まっているものもありますので、注意してください。その上で、生産着手する日と数量を指定します。

表 27 生産オーダーの例（メーカー）

確認	設備	設備ID	品目	日	数量
	ラインA		201	3	120
	ラインA		203	1	330
	ラインA		203	4	410
	ラインA		205	4	240
	ラインB		206	3	190
	ラインB		207	3	180
	ラインB		209	5	470

表 28 は、ディストリビュータの輸送手配のデータ例です。各トラック種類ごとに、輸送する品目、日、そして数量と輸送先を指定してください。設備 ID で識別されるトラックは、同じ日に、異なる複数の輸送先に輸送することはできません。

表 28 生産オーダーの例 (ディストリビュータ)

確認	設備	設備ID	品目	日	数量	輸送先
	トラックA	1	301	1	5	1
	トラックA	1	302	1	22	1
	トラックA	1	306	2	15	3
	トラックA	2	301	1	8	2
	トラックA	2	308	1	31	2
	トラックA	2	305	1	14	2
	トラックB	1	309	5	8	4

在庫オーダー

表 29 に、コンペ開始前に依頼する初期在庫のデータの例を示します。この情報を設定し送信できるのは、コンペで各サイクルが開始される前のみです。

表 29 在庫オーダーの例

確認	品目	数量
	301	30
	302	20
	303	100
	304	20
	305	50
	306	60
	307	120
	308	200
	309	100
	310	70

能力オーダー

能力オーダーは、各企業（プレイヤー）がもつ設備能力を初期時点、あるいはコンペ途中において追加、修正する場合に利用する情報です。表 30 に、能力オーダーの例を示します。

表 30 能力オーダーの例

確認	設備	ステージ	数量	プレイヤー
	仕上ライン	SP	7	1001
	仕上ライン	SP	9	1002
	仕上ライン	SP	12	1003
	仕上ライン	SP	5	1004
	ラインA	MK	2000	2001
	ラインB	MK	2600	2001
	ラインA	MK	2000	2002
	ラインB	MK	2600	2002
	ラインA	MK	2000	2003
	ラインB	MK	2600	2003
	ラインA	MK	2000	2004
	ラインB	MK	2600	2004
	トラックA	DS	4	3001
	トラックB	DS	5	3001
	トラックC	DS	5	3001
	トラックA	DS	13	3002

設備マスター

各設備がもつマスター情報は、表 31 のような“設備マスター”シートによって管理することができます。特に、アイドル費係数によって、設備の遊休時間にペナルティをかけることで、今後の企業内での改善活動を後押できるようになります。

表 31 設備マスターの例

確認	設備	ステージ	アイドル費係数	能力
	仕上ライン	SP	88	1
	ラインA	MK	41	1
	ラインB	MK	37	1
	トラックA	DS	23	8,000
	トラックB	DS	44	2,000
	トラックC	DS	82	4,000

工程マスター

“工程マスター”には、生産や輸送など、さまざまなプロセスに関するマスター情報が設定されています。工程名と設備名は、厳密には異なりますので、注意してください。リードタイムやロットサイズなど、シミュレータにとって、非常に重要なデータが含まれています。

表 32 工程マスターの例

確認	工程	ステージ	品目	リードタイム	固定費	ロットサイズ
	製品購買	DS	201	0	2,000	
	製品購買	DS	202	0	2,400	
	製品購買	DS	203	0	2,100	
	製品購買	DS	204	0	2,300	
	製品購買	DS	205	0	2,200	
	製品購買	DS	206	0	3,200	
	製品購買	DS	207	0	2,800	
	製品購買	DS	208	0	2,800	
	製品購買	DS	209	0	2,200	
	製品購買	DS	210	0	1,700	
	トラックA	DS		1	45,000	
	トラックB	DS		1	98,000	
	トラックC	DS		1	150,000	
	部品購買	MK	301	0	50,000	
	部品購買	MK	302	0	40,000	
	部品購買	MK	303	0	130,000	
	部品購買	MK	304	0	170,000	
	部品購買	MK	305	0	140,000	
	部品購買	MK	306	0	190,000	
	部品購買	MK	307	0	220,000	
	部品購買	MK	308	0	150,000	
	部品購買	MK	309	0	110,000	
	部品購買	MK	310	0	80,000	
	生産工程	MK	201	2	0	20
	生産工程	MK	202	3	0	10
	生産工程	MK	203	1	0	40

品目マスター

表 33 に、品目マスターの内容例を示します。品目マスターでは、サプライヤー、メーカー、そしてディストリビュータすべてに対するデータが格納されています。

表 33 品目マスターの例

確認	品目	ステージ	販売価格	購入価格	指定工程	必要工数
	101	SP	1,900	1,100		
	102	SP	3,300	2,100		
	103	SP	4,100	3,400		
	104	SP	2,100	1,900		
	105	SP	4,100	3,200		
	106	SP	1,900	1,000		
	107	SP	1,000	500		
	108	SP	2,300	1,500		
	109	SP	4,000	3,100		
	110	SP	900	600		
	201	MK	2,800	1,900	ラインB	44
	202	MK	4,200	3,300		55
	203	MK	4,600	4,100	ラインB	29
	204	MK	2,400	2,100		46

品目構成

品目の親子関係など、いわゆる BOM（部品表）情報は、この“品目構成”テーブルで表現します。ここでは、親品目番号、子品目番号の組み合わせをキーとして、構成数が表示されます。

表 34 品目構成の例

確認	品目	構成品目	構成数
	1	4	1
	1	6	1
	2	1	4
	2	7	2
	2	8	2
	3	6	1
	4	5	2
	4	10	1
	5	2	2
	5	3	4
	5	9	2
	6	4	4

在庫推移

表 35 は、サプライヤー企業を担当するあるプレイヤーの在庫数量の推移を表しています。在庫推移は、このように、時刻タグのついた時系列情報を扱う必要があります。

表 35 在庫推移の例

確認	ステージ	品目	日	数量	プレイヤー
	SP	101	1	100	1001
	SP	101	2	100	1001
	SP	101	3	30	1001
	SP	101	4	30	1001
	SP	101	5	80	1001
	SP	102	1	400	1001
	SP	102	2	400	1001
	SP	102	3	950	1001
	SP	102	4	120	1001
	SP	102	5	120	1001
	SP	103	1	0	1001
	SP	103	2	0	1001
	SP	103	3	300	1001
	SP	103	4	50	1001
	SP	103	5	50	1001

能力推移

表 36 は、サプライチェーン管理センターがシミュレータを利用して作成した資材所
 領量計画、あるいは、能力負荷計画のサンプルです。

表 36 能力推移の例

確認	ステージ	設備	日	数量	プレイヤー
	SP	仕上ライン	1	4	1001
	SP	仕上ライン	2	5	1001
	SP	仕上ライン	3	5	1001
	SP	仕上ライン	4	3	1001
	SP	仕上ライン	5	4	1001
	SP	仕上ライン	6	4	1001
	SP	仕上ライン	7	7	1001
	SP	仕上ライン	8	7	1001
	SP	仕上ライン	9	12	1001
	SP	仕上ライン	10	10	1001
	MK	ラインA	1	3,210	2001
	MK	ラインA	2	3,210	2001
	MK	ラインA	3	3,590	2001
	MK	ラインA	4	2,400	2001
	MK	ラインA	5	2,400	2001

付録 2（数学モデル）

数学モデルの説明

コンペに参加するメンバーは、必ずしも数学モデルに詳しい必要はありません。しかし、本コンペのサプライチェーンマネジメントに関する数学モデルを理解することで、そこで行われる各内容の詳細を、正確に把握することができ、さらには、数学的な手法を用いて意思決定の解の一部を導くことも可能となります。

以下に、サプライヤー、メーカー、そしてディストリビュータに関連した問題に関する情報を、数学モデルで表現した例を示します。なお、ここで示す数式は、解決すべき対象問題の構造を示していません。しかし、ここで示されている断片的な定義や記述を用いることで、具体的な解を求めるための問題構造を組み立てることができます。つまり、ここで示されているのは、本マニュアルの他の部分でことばで説明されている内容を数学表現に一部置き換えたものであり、対象問題を表現するための構成要素となるものです。

以下の節では、変数およびパラメータを記号で示しています。ここで、“決定変数”と指定している部分は、各プレイヤーが毎回値を決定する変数です。“パラメータ”と指定しているものは、サプライチェーン管理センター、あるいはシミュレータにて、値が設定されるものです。ただし、“パラメータ”の指定に下線があるものについては、コンペの開始前にその値が発表され、コンペ内では変更になりません。

数学モデル（サプライヤー）

添え字

部品	i	$=1, 2, \dots, 10$
仕上ライン番号	j	$=1, 2, \dots, M$
仕上ジョブ番号	k	$=1, 2, \dots, N$
期（日）	t	$=1, 2, \dots, 5$

変数・パラメータ

注文数	$d_{i,t}^*$	≥ 0	パラメータ
注文残	$d_{i,0}^*$	≥ 0	パラメータ
出荷数	$d_{i,t}$	≥ 0	
仕上リードタイム	$LT1_I$	≥ 0	<u>パラメータ</u>
仕上最大ロットサイズ	LS^{max}	≥ 0	<u>パラメータ</u>
仕上ライン数	M	≥ 0	決定変数
仕上着手数	$ST_{i,t}$	≥ 0	
仕上完了数	$ED_{i,t}$	≥ 0	
仕上期間フラグ	$WK_{k,t}$	$\in \{0, 1\}$	
仕上設備負荷	$LD_{j,t}$	$\in \{0, 1\}$	
仕上ジョブ数	N	≥ 0	決定変数
仕上着手日	s_k	$\in \{1, 2, \dots, 5\}$	決定変数
仕上数	q_k	≥ 0	決定変数
仕上品目	n_k	$\in \{1, 2, \dots, 10\}$	決定変数
仕上ライン	r_k	$\in \{1, 2, \dots, M\}$	決定変数
加工数	$z_{i,t}$	≥ 0	決定変数
加工完了数	$YD_{i,t}$	≥ 0	
加工フラグ	$K_{i,t}$	$\in \{0, 1\}$	
加工リードタイム	$LT2_I$	≥ 0	<u>パラメータ</u>

繰越仕上数	$EDP_{i,t} \geq 0$	パラメータ
繰越加工数	$YDP_{i,t} \geq 0$	パラメータ
繰越仕上負荷	$LDP_{j,t} \geq 0$	パラメータ
部品在庫数	$SI_{j,t} \geq 0$	
仕掛在庫数	$S2_{i,t} \geq 0$	
部品初期在庫数	$SI_{j,0} \geq 0$	パラメータ (1週のみ決定変数)
仕掛初期在庫数	$S2_{i,0} \geq 0$	パラメータ
アイドル費係数	$EQ \geq 0$	<u>パラメータ</u>
加工固定費	$FC_i \geq 0$	<u>パラメータ</u>
部品販売価格	$P1_i \geq 0$	<u>パラメータ</u>
資材購入価格	$P2_i \geq 0$	<u>パラメータ</u>
部品在庫保管費	$R1_i \geq 0$	<u>パラメータ</u>
仕掛在庫保管費	$R2_i \geq 0$	<u>パラメータ</u>
直接業務費	$C^{OP}_t \geq 0$	
設備費	$C^{EQ}_t \geq 0$	
部品在庫費	$C^{SC1}_t \geq 0$	
仕掛在庫費	$C^{SC2}_t \geq 0$	
在庫管理費	$C^{SC}_t \geq 0$	
直接材料費	$C^{RM}_t \geq 0$	
日別総売上	$RV_t \geq 0$	
日別総費用	$LOS_t \geq 0$	
日別総利益	$PF_t \geq 0$	
総利益	$PF \geq 0$	

制約条件（サプライヤー）

以下に、加工完了数の制約を示します。加工完了数は、加工着手した数量が、着手日から生産リードタイム経過した日数経過した日に計上されます。また、前週に加工着手して、繰越になった数量も加算されます。

$$YD_{i,t} = \sum \{u/u+LTI_{i=t}\} z_{i,u} + YDP_{i,t}$$

仕上着手数 $ST_{i,t}$ 、仕上完了数 $ED_{i,t}$ の定義は、以下のようになります。

$$\begin{aligned} ST_{i,t} &= \sum \{k/n_{k=i}, s_k = t\} q_k \\ ED_{i,t} &= \sum \{k/n_{k=i}, s_k + LTI_i = t\} q_k + EDP_{i,t} \end{aligned}$$

ここで、仕上期間 $WK_{k,t}$ は、当該日にその仕上ラインが稼働中である場合に 1、そうでない場合に 0 となります。

$$WK_{k,t} = \begin{cases} 1, & s_k \leq t < s_k + LTI_{i(n_k)} \\ 0, & otherwise \end{cases}$$

仕上ライン負荷の制約として、以下の関係式が定義できます。仕上ラインの各日にちの負荷は、仕上期間 $WK_{k,t}$ が 1 のものの合計が、最大 1 とります（つまり、同時に 1 種類しか生産できないことを意味しています。）

$$\begin{aligned} LD_{j,t} &= \sum \{k/r_{k=j}\} WK_{k,t} + LDP_{j,t} \\ LD_{j,t} &\leq 1 \end{aligned}$$

仕上ロットサイズ制約として、以下の式が定義できます。

$$q_k \leq LS^{max}$$

部品在庫 $SI_{i,t}$ および仕掛在庫 $S2_{i,t}$ の計算方法は、以下の通りです。

$$\begin{aligned} SI_{i,t} &= SI_{i,(t-1)} + ED_{i,t} - d_{i,t} \\ S2_{i,t} &= S2_{i,(t-1)} + YD_{i,t} - ST_{i,t} \end{aligned}$$

コンペの中では、受け取った注文数に対して、実際に出荷する数量が異なる場合があります。出荷数は、それまでに受けた注文数を超えることはありません。この関係式は、以下ようになります。

$$d_{i,t} \leq d^*_{i,0} + d^*_{i,1} + d^*_{i,2} + \dots + d^*_{i,t}$$

評価指標の計算（サプライヤー）

直接業務費	$C^{OP}_t = \sum_i (FC_i K_{i,t})$
設備費	$C^{EQ}_t = \sum_j EQ_j (1 - LD_{j,t})$
部品在庫費	$C^{SC1}_t = \sum_i R1_i S1_{i,t}$
仕掛在庫費	$C^{SC2}_t = \sum_i R2_i S2_{i,t}$
在庫管理費	$C^{SC}_t = C^{SC1}_t + C^{SC2}_t$
直接材料費	$C^{RM}_t = \sum_i (P2_i Z_{i,t})$
日別総売上	$RV_t = \sum_i (P1_i d_{i,t})$
日別総費用	$LOS_t = C^{OP}_t + C^{EQ}_t + C^{RM}_t + C^{SC}_t$
日別総利益	$PF_t = RV_t - LOS_t$
総利益	$PF = \sum_t PF_t$

数学モデル（メーカー）

添え字

製品	i	$=1, 2, \dots, 10$
部品	j	$=1, 2, \dots, 30$
ライン番号	h	$=1, 2$
生産ジョブ番号	k	$=1, 2, \dots, N$
期（日）	t	$=1, 2, \dots, 5$

変数・パラメータ

注文数	$d_{i,t}^*$	≥ 0	パラメータ
注文残	$d_{i,0}^*$	≥ 0	パラメータ
出荷数	$d_{i,t}$	≥ 0	
製品構成数	$BOM_{i,j}$	≥ 0	パラメータ
生産リードタイム	LT_i	≥ 0	パラメータ
最小ロットサイズ	LS_i^{min}	≥ 0	パラメータ
生産ライン指定	r_i^{FIX}	$\in \{1, 2\}$	パラメータ
生産必要工数	LR_i	≥ 0	パラメータ
ライン生産能力	m_h	≥ 0	決定変数
生産着手数	$ST_{i,t}$	≥ 0	
生産完了数	$ED_{i,t}$	≥ 0	
生産期間フラグ	$WK_{k,t}$	$\in \{0, 1\}$	
設備負荷	$LD_{h,t}$	≥ 0	
生産ジョブ数	N	≥ 0	決定変数
生産着手日	s_k	$\in \{1, 2, \dots, 5\}$	決定変数
生産数	q_k	≥ 0	決定変数
生産品目	n_k	$\in \{1, 2, \dots, 10\}$	決定変数
生産ライン	r_i	$\in \{1, 2\}$	決定変数
購買数	$z_{j,t}$	≥ 0	決定変数
購買フラグ	$K_{j,t}$	$\in \{0, 1\}$	
部品所要量	$MR_{j,t}$	≥ 0	

繰越生産数	$EDP_{i,t} \geq 0$	パラメータ
繰越生産負荷	$LDP_{h,t} \geq 0$	パラメータ
製品在庫	$SI_{i,t} \geq 0$	
部品在庫	$S2_{j,t} \geq 0$	
製品初期在庫	$SI_{i,0} \geq 0$	パラメータ (1週のみ決定変数)
部品初期在庫	$S2_{j,0} \geq 0$	パラメータ
アイドル費係数	$EQ_h \geq 0$	<u>パラメータ</u>
購買固定費	$FC_j \geq 0$	<u>パラメータ</u>
製品販売価格	$P1_I \geq 0$	<u>パラメータ</u>
部品購入価格	$P2_j \geq 0$	<u>パラメータ</u>
製品在庫保管費	$R1_i \geq 0$	<u>パラメータ</u>
部品在庫保管費	$R2_j \geq 0$	<u>パラメータ</u>
直接業務費	$C^{OP}_t \geq 0$	
設備費	$C^{EQ}_t \geq 0$	
製品在庫費	$C^{SC1}_t \geq 0$	
部品在庫費	$C^{SC2}_t \geq 0$	
在庫管理費	$C^{SC}_t \geq 0$	
直接材料費	$C^{RM}_t \geq 0$	
日別総売上	$RV_t \geq 0$	
日別総費用	$LOS_t \geq 0$	
日別総利益	$PF_t \geq 0$	
総利益	$PF \geq 0$	

制約条件（メーカー）

生産着手数 $ST_{i,t}$ 、生産完了数 $ED_{i,t}$ は、以下の式で表現することができます。生産完了数は、生産着手数を生産リードタイム日数ずらしたものとなります。ただし、前週に着手し、この週に繰越した数量も加算されます。

$$\begin{aligned} ST_{i,t} &= \sum_{\{k/n_k=i, s_k=t\}} q_k \\ ED_{i,t} &= \sum_{\{k/n_k=i, s_k+LT_i=t\}} q_k + EDP_{i,t} \end{aligned}$$

部品所要量 $MR_{j,t}$ は、MRP 計算に従って以下の式で計算できます。これは、各親品目（製品）に対する部品所要量を、親品目の所要量を掛け合わせた数の合計となります。

$$MR_{j,t} = \sum_i (BOM_{i,j} ST_{i,t})$$

ここで生産期間制約 $WK_{k,t}$ を以下の式で定義します。各生産ライン k が t 日に稼動している場合は 1、そうでない場合は 0 となります。

$$WK_{k,t} = \begin{cases} 1, & s_k \leq t < s_k + LT_{n_k} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

ライン指定制約として、一部の製品については、あらかじめ割り振るラインが決定しています。

$$r_i = r_i^{FIX}, \quad i \in \{\text{一部の製品}\}$$

設備能力制約は、以下の式で表現できます。ここでは、 t 日におけるライン負荷は、生産期間制約 $WK_{k,t}$ が 1 のものについて、その工数を掛け合わせたものの合計となります。ただし、すでに前週で手配し、繰越作業がある場合は、その負荷も追加する必要があります。

$$\begin{aligned} LD_{h,t} &= \sum_{\{k/r_k=h\}} WK_{k,t} LR_{n_k} + LDP_{h,t} \\ m_h &\geq LD_{h,t} \end{aligned}$$

ロットサイズ制約としては、各生産手配の数量について、以下の式が適用されます。

$$q_k \geq LS_-(n_k), \text{ or } q_k = 0$$

製品在庫 $SI_{i,t}$ 、部品在庫 $S2_{j,t}$ の制約として、以下の関係式が定義できます。

$$SI_{i,t} = SI_{i,(t-1)} + ED_{i,t} - d_{i,t}$$

$$S2_{j,t} = S2_{j,(t-1)} + z_{j,t} - MR_{j,t}$$

コンペの中では、受け取った注文数に対して、実際に出荷する数量が異なる場合があります。出荷数は、それまでに受けた注文数を超えることはありません。この関係式は、以下のようになります。

$$d_{i,t} \leq + d^*_{i,1} + d^*_{i,2} + \dots + d^*_{i,t}$$

評価指標の計算（メーカー）

直接業務費	$C^{OP}_t = \sum_j (FC_j K_{j,t})$
設備費	$C^{EQ}_t = \sum_h EQ_h (m_h - LD_{h,t})$
部品在庫費	$C^{SC1}_t = \sum_i R1_i SI_{i,t}$
仕掛在庫費	$C^{SC2}_t = \sum_i R2_j S2_{j,t}$
在庫管理費	$C^{SC}_t = C^{SC1}_t + C^{SC2}_t$
直接材料費	$C^{RM}_t = \sum_i (P2_j z_{j,t})$
日別総売上	$RV_t = \sum_i (P1_i d_{i,t})$
日別総費用	$LOS_t = C^{OP}_t + C^{EQ}_t + C^{RM}_t + C^{SC}_t$
日別総利益	$PF_t = RV_t - LOS_t$
総利益	$PF = \sum_t PF_t$

数学モデル（ディストリビュータ）

添え字

製品	i	$=1, 2, \dots, 10$
消費地	j	$=1, 2, 3, 4$
トラック種類	h	$=1, 2, 3$
トラック番号	k	$=1, 2, \dots, N$
期（日）	t	$=1, 2, \dots, 5$

注) 付録1のサンプルデータでは、トラック番号は、各トラック種類ごとに設定していますが、ここでは、通し番号となっています。

変数・パラメータ

注文数	$d_{i,j,t}^*$	≥ 0	パラメータ
注文残	$d_{i,j,0}^*$	≥ 0	パラメータ
出荷数	$d_{i,j,t}$	≥ 0	
最大積載重量	m_h	≥ 0	<u>パラメータ</u>
製品重量	w_i	≥ 0	<u>パラメータ</u>
トラック台数	N	≥ 0	決定変数
トラック種類	u_k	$\in \{1, 2, 3\}$	決定変数
輸送量	$x_{k,i,t}$	≥ 0	決定変数
輸送先	$y_{k,j,t}$	$\in \{0, 1\}$	決定変数
購買数	$z_{i,t}$	≥ 0	決定変数
購買フラグ	$K_{i,t}$	$\in \{0, 1\}$	

繰越輸送数	$EDP_{i,t} \geq 0$	パラメータ
消費地在庫	$SI_{i,j,t} \geq 0$	
製品在庫	$S2_{i,t} \geq 0$	
消費地初期在庫	$SI_{i,j,0} \geq 0$	パラメータ (1週のみ決定変数)
製品初期在庫	$S2_{i,0} \geq 0$	パラメータ
アイドル費係数	$EQ_h \geq 0$	<u>パラメータ</u>
輸送固定費	$FC1_h \geq 0$	<u>パラメータ</u>
購買固定費	$FC2_i \geq 0$	<u>パラメータ</u>
製品販売価格	$P1_i \geq 0$	<u>パラメータ</u>
製品購入価格	$P2_i \geq 0$	<u>パラメータ</u>
消費地在庫保管費	$R1_i \geq 0$	<u>パラメータ</u>
中央在庫保管費	$R2_i \geq 0$	<u>パラメータ</u>
輸送コスト	$C^{OP1}_t \geq 0$	
購買コスト	$C^{OP2}_t \geq 0$	
直接業務費	$C^{OP}_t \geq 0$	
設備費	$C^{EQ}_t \geq 0$	
消費地在庫費	$C^{SC1}_t \geq 0$	
中央在庫費	$C^{SC2}_t \geq 0$	
在庫管理費	$C^{SC}_t \geq 0$	
直接材料費	$C^{RM}_t \geq 0$	
日別総売上	$RV_t \geq 0$	
日別総費用	$LOS_t \geq 0$	
日別総利益	$PF_t \geq 0$	
総利益	$PF \geq 0$	

数学モデル（ディストリビュータ）

積載容量制約として、各トラックは、同時にそのトラック種類ごとに設定された最大積載重量を超えることができません。この関係式は、以下のように表現できます。

$$\sum_i (x_{k,i,t} w_i) \leq m_k(u_k)$$

輸送先制約として、トラックは、同一日に、一つの消費地にしか輸送できないことを以下の関係式で表現しています。以下の関係式は、各トラックの各日にちについて成立しなければなりません。

$$\sum_j y_{k,j,t} = \begin{cases} 0, & \sum_i x_{k,i,t} = 0 \\ 1, & \sum_i x_{k,i,t} > 0 \end{cases}$$

在庫制約として、消費地在庫 $SD_{i,j,t}$ の制約、センター在庫 $SS_{i,t}$ の制約は、以下のような関係式で表現できます。

$$\begin{aligned} S1_{i,j,t} &= S1_{i,j,(t-1)} + \sum_k (x_{k,i,(t-1)} y_{k,j,(t-1)}) - d_{i,j,t} \\ S2_{i,t} &= S2_{i,(t-1)} + z_{i,t} - \sum_k x_{k,i,t} \end{aligned}$$

購買フラグ $K_{i,t}$ は、以下の定義となります。ここで、ある製品をある日にちに購入手配したら 1 が、そうでない場合に 0 が設定されます。

$$K_{i,t} = \begin{cases} 0, & z_{i,t} = 0 \\ 1, & z_{i,t} > 0 \end{cases}$$

コンペの中では、受け取った注文数に対して、実際に出荷する数量が異なる場合があります。出荷数は、それまでに受けた注文数を超えることはありません。この関係式は、以下のようになります。

$$d_{i,j,t} \leq d^*_{i,j,0} + d^*_{i,j,1} + d^*_{i,j,2} + \dots + \sum_t d^*_{i,j,t}$$

評価指標の計算（ディストリビュータ）

輸送コスト	$C^{OP1}_t = \sum_k (\sum_j y_{k,j,t} FC1_{-}(u_k))$
購買コスト	$C^{OP2}_t = \sum_i (FC2_i K_{i,t})$
直接業務費	$C^{OP}_t = C^{OP1}_t + C^{OP2}_t$
設備費	$C^{EQ}_t = \sum_k EQ_{-}(u_k) (m_{-}(u_k) - \sum_i (x_{k,i,t} w_i))$
消費地在庫費	$C^{SC1}_t = \sum_I \sum_j R1_i SI_{i,j,t}$
製品在庫費	$C^{SC2}_t = \sum_i R2_i S2_{i,t}$
在庫管理費	$C^{SC}_t = C^{SC1}_t + C^{SC2}_t$
直接材料費	$C^{RM}_t = \sum_i (P2_i z_{i,t})$
日別総売上	$RV_t = \sum_i \sum_j (P1_i d_{i,j,t})$
日別総費用	$LOS_t = C^{OP}_t + C^{EQ}_t + C^{RM}_t + C^{SC}_t$
日別総利益	$PF_t = RV_t - LOS_t$
総利益	$PF = \sum_t PF_t$

サプライチェーンコンペティション2010
プログラムディレクター

西岡靖之（法政大学）
久保幹雄（東京海洋大学）
野々部宏司（法政大学）
船木謙一（日立製作所）
小林稔（エムエーシー）
野本多津（日立製作所）

著者：	サプライチェーンコンペティション2010 プログラムディレクター（代表 西岡靖之）
発行：	スケジューリング学会
発行日：	2010年7月

本マニュアルを無断で複製することを禁止します。