

平成19年春季研究発表会資料(2-E-7)


数理計画法システムの管理会計への適用

2007年3月29日

01606110 富士通総研
02602450 富士通総研

* 宮崎 知明
茂木 美恵子

All Rights Reserved. Copyright © (株)富士通総研2006



発表内容

1. 最適プロダクトミックスへの適用
2. 装置系での事例(利益計画)
3. 原価配賦計算への適用
4. 装置系での事例(実績配賦)

All Rights Reserved. Copyright © (株)富士通総研2006

1. 数理計画法と管理会計



最適プロダクトミックスへの適用

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

管理会計と数理計画法



■ 管理会計の分類

● 意思決定会計

- 差額限界収益分析
- 設備投資の意思決定
- 最適プロダクトミックスの決定

● 業績管理会計

- 予算管理
- 事業部制会計
- BCS

- **意思決定会計の基本的な考え方は、列挙した代替案間で発生額の異なる将来のコストと収益を差額原価・差額収益として計算し比較することであり、差額原価を将来原価ととらえることにより、LP（線形計画法）を活用できる。**

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

最適プロダクト・ミックスとは



- **貢献利益の総額が最大になるプロダクト・ミックス (product mix: 製品構成及び量)を最適プロダクト・ミックスという。**

貢献利益が最大となるようにするためには、限られた経営資源を最大限に活用し、どの原料、どの装置を使い、どの製品をどれだけ生産するかを決めることである。

- **貢献利益を求めるには、変動費(直接原価)ベースでの生産計画の立案が必要であり、貢献利益の最適化を行うためには、数理計画法が適している**
(与えられた制約条件の下で目的関数を最大又は最小にする解を求める)

貢献利益: 商品別限界利益から個々の商品販売に直接関与した固定費(直接費とも呼ぶ)を引いたもの

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

最適プロダクトミックス算出の課題



最適プロダクト・ミックス算出のためには、

過去の実績である制度会計用に集計された財務会計の分析からだけでは、タイミングなどが異なるため最適プロダクト・ミックスの算出はできない

生産要素(材料、労働力、電力、外部購入など)の消費又は利用を特定の製品に関連付けて財務的に要約した製品毎の製造原価が必要

装置産業では以下が課題

- どうやって、製品別の原価計算を実現するか
 - 連産品、副次製品の処理
 - 原料配分と装置運転計画を連動
- どうやって、中間製品の製造原価を把握するか
 - 製品と同じ尺度で原料、中間製品の製造原価を算出
- どうやって、経営と現場の同期化を達成するか
 - 現場が算出する原単位(この原料でこの作り方だったら何がいくらできる)を活用

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

最適プロダクト・ミックス算出の考え方



貢献利益算出のために、

- 直接原価(変動費)に着目
- 原料、製品価格等の変動費を使った最適生産モデルを活用
- 原単位を使った製造方式(どの原料、どの装置等)から予測原価を算出

貢献利益シミュレーション環境実現のために、

- 製造プロセスモデリング
- 最適化計算機能
- 製品別原価計算機能

数理計画法の活用による生産計画と一体化した製造原価(現在価値)計算機能を実現(製品単位での損益計算)

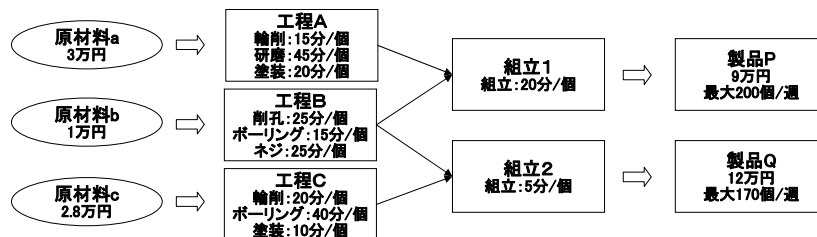
All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

最適プロダクトミックス問題の例



問題

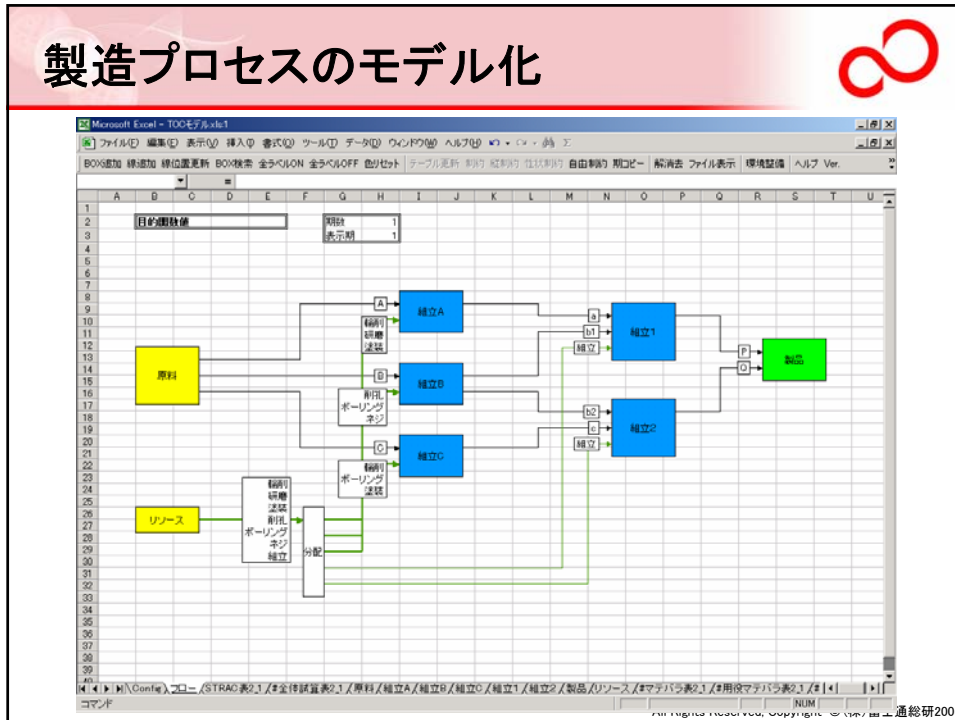
P,Qという二つの製品を生産している工場が、この二つをどのような割合で生産したら利益が最大になるかを決定します。(最適プロダクトミックスの決定)



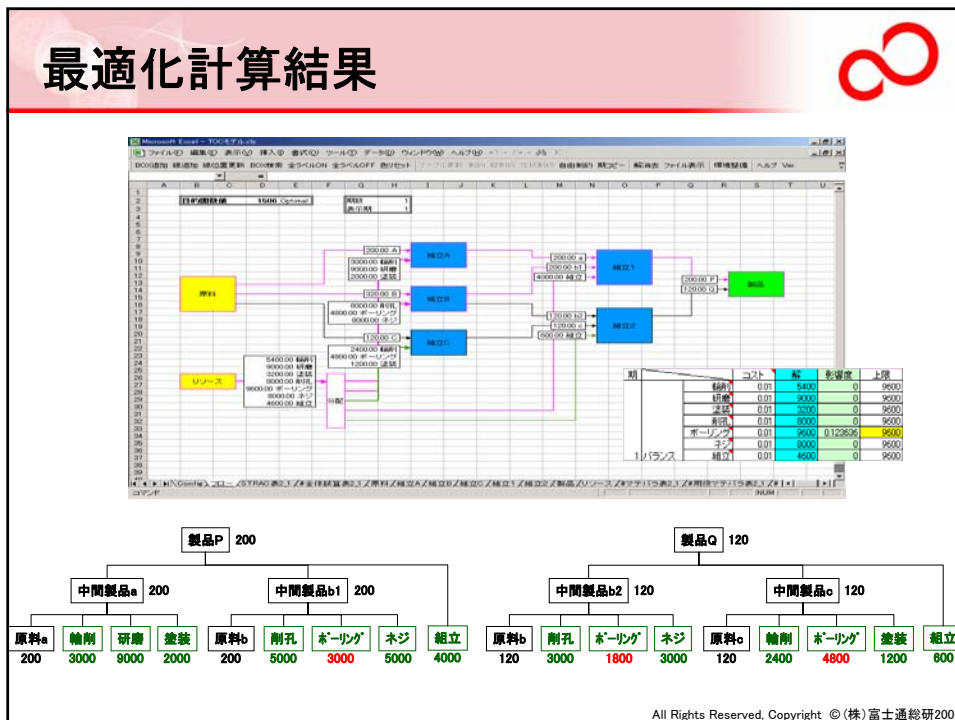
作業内容	コスト	作業可能時間
輪削	0.01	9600
塗装	0.01	9600
削孔	0.01	9600
ボアリング	0.01	9600
ネジ	0.01	9600
組立	0.01	9600

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

製造プロセスのモデル化



最適化計算結果



最適プロダクトミックス



Microsoft Excel - TOCモデル.xls

STRAC表

	製品P	製品O	合計
P平均単価	9	12	
V変動単価(原価)	5.55	5.20	
M付加価値単価(粗利)	3.45	6.80	
Q売上数量	200.00	120.00	
PO売上高	1800	1440	3240
VO変動費	1110	624	1734
MD付加価値(貢献利益)	690	816	1506
F固定費			600
G営業利益(利益)			906
損益分岐点比率			39.6%

PO	VO	F	G
売上高	変動費	固定費	営業利益
3240	1734	600	906
	MD		
	貢献利益		
	1506		

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

2. 最適プロダクトミックス事例



装置系での事例

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

作業手順及び作業スケジュール



	第1週	第2週	第3週	第4週	第5週	第6週
事前データ整備	■					
モデル要件確立		■	■			
モデル作成及びデータ作成			■	■		
モデルチューニング					■	
シナリオ作成等						■

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

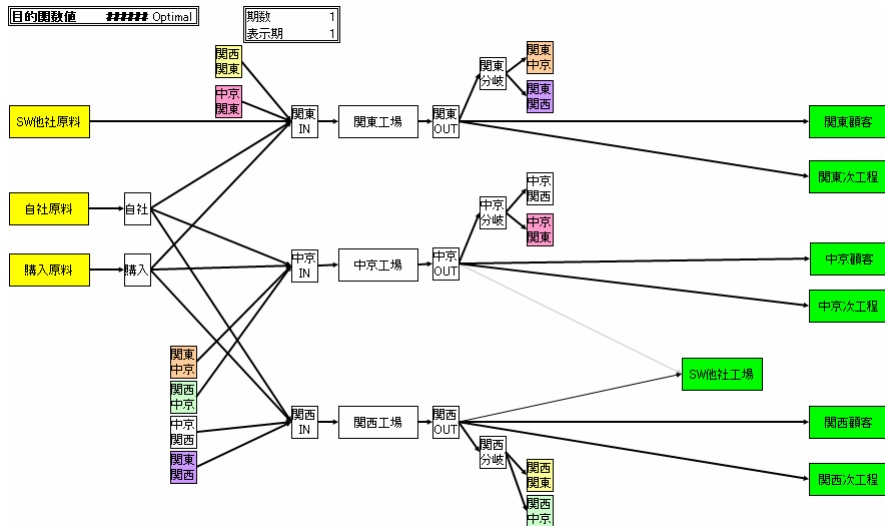
作業概要



1. モデル要件確立
 - 各工場の予算計画策定手順及びデータをもとに工場プロセスと原料から製品までの流れをヒアリング
 - 工場(製造)及び全社(販売)間での整合性を確認
2. モデル作成及びデータ整備
 - プロセスフロー及び装置能力制約、連産制約等の作成
 - 工場毎の実行可能モデルの実現
3. モデルチューニング及びシナリオ作成
 - 全社モデル(各工場モデルを連結)で実行可能性を実現
 - 各種シナリオの立案と解の評価

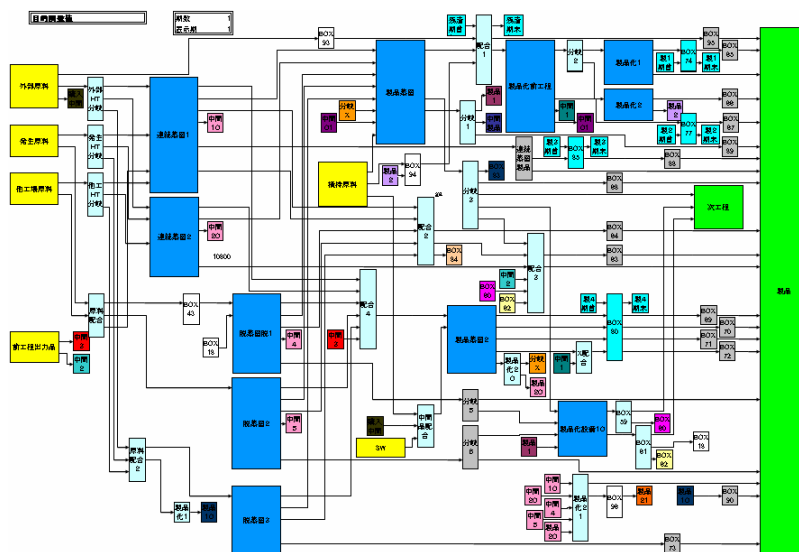
All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

実行結果概要(全社モデル)



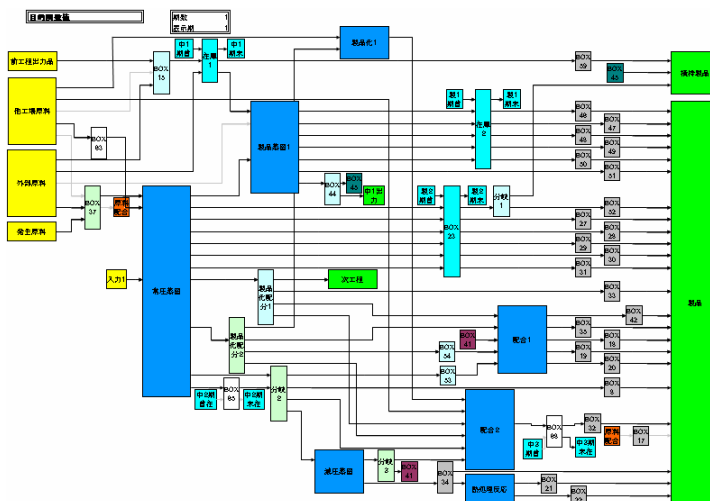
All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

実行結果概要(関東工場モデル)



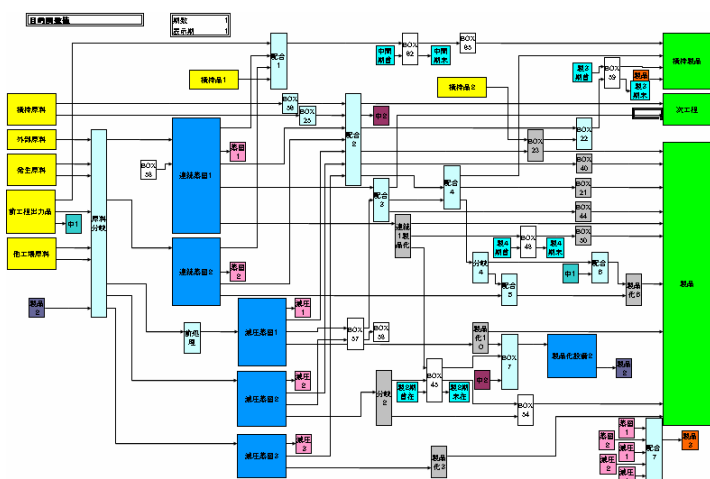
All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

実行結果概要(中京工場モデル)



All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

実行結果概要(関西工場モデル)



All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

実行結果概要(モデルサイズ及び実行時間)



```
Reading Problem Iptemp
Problem Statistics
  1379 ( 0 spare) rows
  2034 ( 0 spare) structural columns
  4862 ( 0 spare) non-zero elements
Global Statistics
  0 entities    0 sets    0 set members
Presolved problem has:  59 rows   150 cols   593 non-zeros

Its    Obj Value   S  Ninf  Nneg    Sum Inf  Time
  0    1.53053E+10  D  37   0    746891.5786  0
  62   6275635941.  D  0   0     .000000  0
Uncrunching matrix
  62   6275635941.  D  0   0     .000000  0
Optimal solution found
```

(Express-MP実行ログ)

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

実行結果(総括)



- 各工場のプロセスモデル(生産計画)で既存の予算計画とほぼ同等の精度の生産計画を実現。
- 全社モデルで予算計画とほぼ同等の精度の販売物流計画を実現。
- 全社モデルで限界利益計画を実現。
- 全社モデルで複数のシナリオを実現。

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

3. 原価配賦計算と数理計画法



原価配賦計算への適用

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

連立方程式による原価配賦計算の考え方



原価とは（一橋大尾畑教授の定義）

財務諸表作成、価格計算、原価管理や利益管理などの目的に役立たせるために、過去または将来の生産要素の正常な消費または利用を、特定の製品、特定の外部提供サービスおよび内部提供サービスといった、特定の活動目的たるアウトプットに関連づけて財務的に要約したものである。

原価計算とは（一橋大尾畑教授の定義）

財務諸表作成、価格計算、原価管理や利益管理などの目的に役立たせるために、過去または将来の生産要素の正常な消費または利用を、特定の製品、特定の外部提供サービスおよび内部提供サービスといった、特定の活動目的たるアウトプットに関連づけて財務的に要約し、報告する技法である。

このためには補助部門等の用役を直接部門に配賦する必要がある

。

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

補助部門間の用役の授受(相互依存性の解決)

補助部門間の用役の授受をどう処理するかについて、次の3つのポリシーがある。

- | | |
|---------------|------------------|
| (1) すべて無視 | 直接配賦法 |
| (2) 一部考慮・一部無視 | 階梯式配賦法、 |
| (3) すべて考慮 | 連続配賦法、
連立方程式法 |

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

例題(簡単な原価配賦計算モデル)

切削部門と組立部門の2つの製造部門，動力部門と材料倉庫部門の2つの補助部門があるとする。各部門の製造間接費予算第一次集計額は以下のとおりとする。

各部門の製造間接費予算**第一次集計額**は以下のとおりとする。

切削部	6,000,000
組立部	4,000,000
動力部(補助部門)	3,600,000
材料倉庫部(補助部門)	1,600,000
計	15,200,000

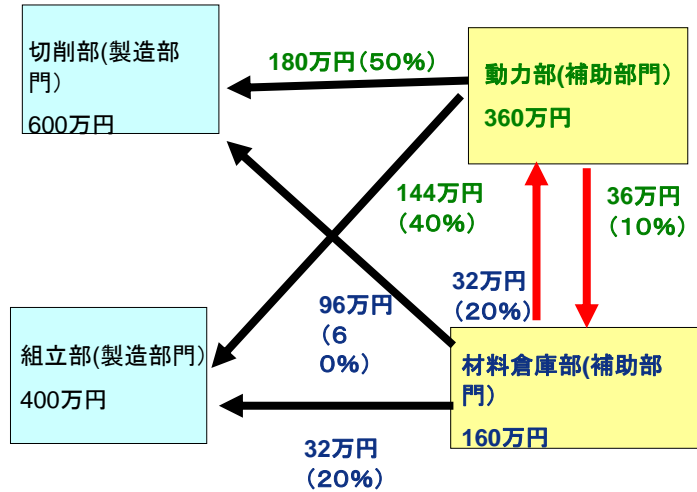
また、**補助部門の用役の提供割合**は以下のとおり。

	切削部	組立部	動力部	材料倉庫部
動力部費	50%	40%	-	10%
材料倉庫部費	60%	20%	20%	-

補助部門の費用をどう製造部門に配賦したらよいか

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

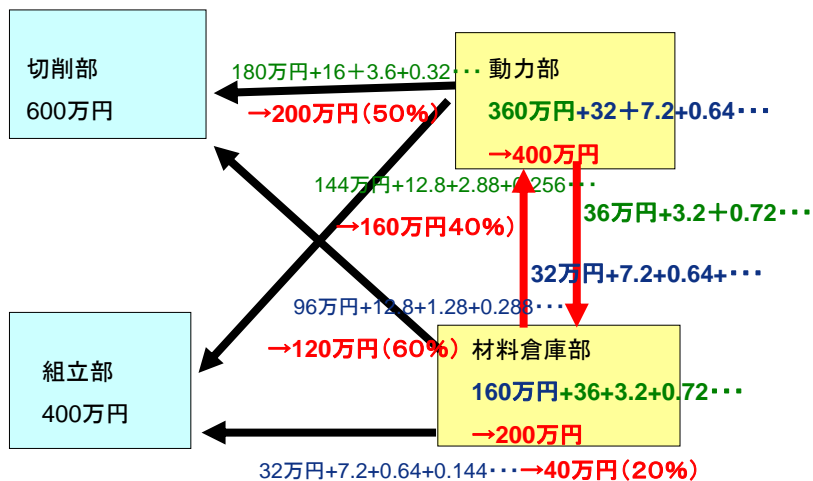
一次集計額と用役の提供割合



赤→の部分の費用を製造部門に配賦する必要がある

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

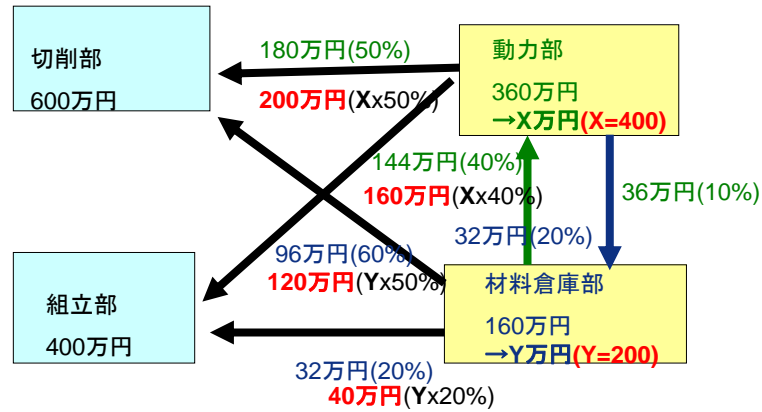
連続配賦法



補助部門間の費用をどんどん各部門に配賦していき、配賦する金額が無視できる金額になるまで配賦を続ける。

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

連立方程式法



被配賦額を変数とした連立方程式をつくと

$$\begin{aligned}
 \text{動力の被配賦額: } X &= \text{動力の一次集計費用: } 360 + \text{材料からの配賦費用: } 0.2Y \\
 \text{材料の被配賦額: } Y &= \text{材料の一次集計費用: } 160 + \text{動力からの配賦費用: } 0.1X
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} X \\ Y \end{aligned}} \right\} \begin{aligned} X &= 400 \\ Y &= 200 \end{aligned}$$

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

連立方程式法のメリット



- 解を一意に求めることが可能
 - 収束計算ではないため、直接、方程式を解いて解を求めることができる。
- システム開発が簡単(短期間、小工数)
 - 連立方程式をつくるだけでよい
 - 収束判定等の数値制御が不要(誤差判定等)
- システムの保守及び拡張が容易
 - 連立方程式(モデル)の変更、修正だけでよい

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

装置系での要件



- 間接部門費の製造部門等への配賦
 - 一次部門集計された使用量、費用をもとに、受入費用(配賦評価金額)を求め、間接部門の一次集計費を製造部門等に配賦する。
- 製造原価と売上原価の同時算出
 - 原料費、横持運賃費、在庫評価額等を受入先毎に配賦するための受入費用(配賦評価金額)を求め、一次集計された費用全体を製造原価と売上原価に分け、売上原価を求める。
- 配賦したい用役
 - 間接部門間の一次費用(電力、蒸気等)
 - 製造工程で発生する用役(アンモニア製造で発生する蒸気)
 - 製品の自社使用(製品天然ガスを蒸気部門で)

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

4. 原価配賦計算事例



装置系での事例

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

原価配賦の考え方



- 間接部門費の製造部門等への配賦
 - 使用量をもとに、受入単価(振替価格)を求め、間接部門の一次部門費を製造部門等に配賦する。
- 製造原価と売上原価の同時算出
 - 原料費、横持運賃費、在庫評価額等を使用量をもとに、受入単価(振替価格)を求め、一次部門費用全体を製造原価と売上原価に分ける、売上原価を求める。
- 配賦したい用役
 - 間接部門間の一次費用(電力、蒸気等)
 - 製造工程で発生する用役原料(自家発電、蒸気等)
 - 製品の自社使用(自家燃料)

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

定式化イメージ



配賦を物流量で決めているため、払出元ごとの評価単価を変数として評価金額の定式化を行う。

- 間接部門式
 - 電力部門: $1000 \times \text{電力単価} - 500 \times \text{蒸気単価} - \dots = 2000$
 - 蒸気部門: $-10 \times \text{電力単価} + 400 \times \text{蒸気単価} - \dots - 100 \times \text{製品XX単価} \dots = 1000$
- 製造部門式
 - 仕掛XX: $-50 \times \text{電力単価} \dots + 2000 \times \text{仕掛XX単価} - \dots - 10 \times \text{製品YY単価} \dots = 7000$
 - 製品XX: $-2000 \times \text{仕掛XX単価} + 2200 \times \text{製品XX単価} - \dots - \text{製品ZZ単価} = 100$
- 売上原価式他
 - 売上原価: $-1000 \times \text{製品XX単価} - 1500 \times \text{製品ZZ単価} - 600 \times \text{製品YY単価} + 1 \times \text{売上原価単価} = 0$

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

7. 作業概要



- 要件及びデータの確認
 - 受入元項目(勘定科目)及び定式化方式の確認
 - その他(品名振替等の必要性の吟味)
 - 入出力データ形式及びインタフェースの確認
- 簡易言語による開発
 - 入力から出力までの機能開発
 - 最適化実行
- システムの評価
 - 解の確認
 - 計算精度の確認

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

作業スケジュール



	第1週	第2週	第3週	第4週
要件整理	■			
モデル設計 (定式化)		■		
入力機能等の 開発		■	■	
実行及び テスト			■	■
報告書作成				■

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

入出力情報



■ 入力情報

- 受入元(用役部門、製造部門、その他関係するすべて)
- 当期発生費用等
- 受入量(供給量)
- 受入先別使用量

■ 出力情報

- 受入単価(連立方程式の解として)
- 受入単価からもとまる原価
 - 受入元ごとの製造原価(明細情報)
 - 売上原価
 - 期末在庫評価金額

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

実行結果(工場個別)



行及び列パラメータ: 142、係数: 432個

Reading Problem ¥lpfile.lp

Problem Statistics

142 (0 spare) rows

142 (0 spare) structural columns

432 (0 spare) non-zero elements

Global Statistics

0 entities 0 sets 0 set members

Presolved problem has: 0 rows 0 cols 0 non-zeros

Its	Obj Value	S	Ninf	Nneg	Sum Inf	Time
0	.000000	D	0	0	.000000	0

Uncrunching matrix

0	.000000	D	0	0	.000000	0
---	---------	---	---	---	---------	---

Optimal solution found

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

実行結果(全社)



行及び列パラメータ:1511、係数:6339個

Reading Problem ¥lpfile.lp

Problem Statistics

1511 (0 spare) rows

1511 (0 spare) structural columns

6339 (0 spare) non-zero elements

Global Statistics

0 entities 0 sets 0 set members

Presolved problem has: 0 rows 0 cols 0 non-zeros

Its	Obj Value	S	Ninf	Nneg	Sum Inf	Time
0	.000000	D	0	0	.000000	0
Uncrunching matrix						
0	.000000	D	0	0	.000000	0
Optimal solution found						

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

実行結果(実行時間)



所要時間	例題	工場	全体				
LPファイル作成	0.1	0.2	10				
最適化	0.1	0.2	0.5				
Excelに設定	7	20	337	※プログラム開発で10秒程度に短縮可能			
使用マシン	Dell Dimension 8400						
CPU	Pentium4 3GHz						
メモリ	1GB						

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

結果(総括)



- 全社モデルでも、連立方程式の作成から解算出まで、10.5秒であり、結果出力を想定しても、30秒以内には計算可能である(現状では、Excelに解を設定するのに337秒かかっているが、プログラムを開発すれば10秒程度に短縮可能である)。
- 精度的にも既存の計算結果とあっており、問題ないと判断する。
- 実用規模での原価配賦計算プログラムは実現可能である。

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

おわりに

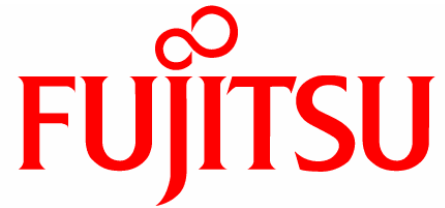


■ なにができるか

数理計画法を管理会計に適用すること で...

- **製品(事業)別の管理会計(意思決定会計)**
- **プロダクトミックス戦略の立案**
- **予算計画(利益計画)の立案(製造から販売、物流までの製造プロセスを考慮して)**
- **実績の原価完全原価配賦計算(売上原価策定)**
- **計画で完全予定原価配賦計算(製造原価予算)**

All Rights Reserved, Copyright © (株)富士通総研2006

The Fujitsu logo, featuring a red infinity symbol above the word "FUJITSU" in a red, serif font.

THE POSSIBILITIES ARE INFINITE