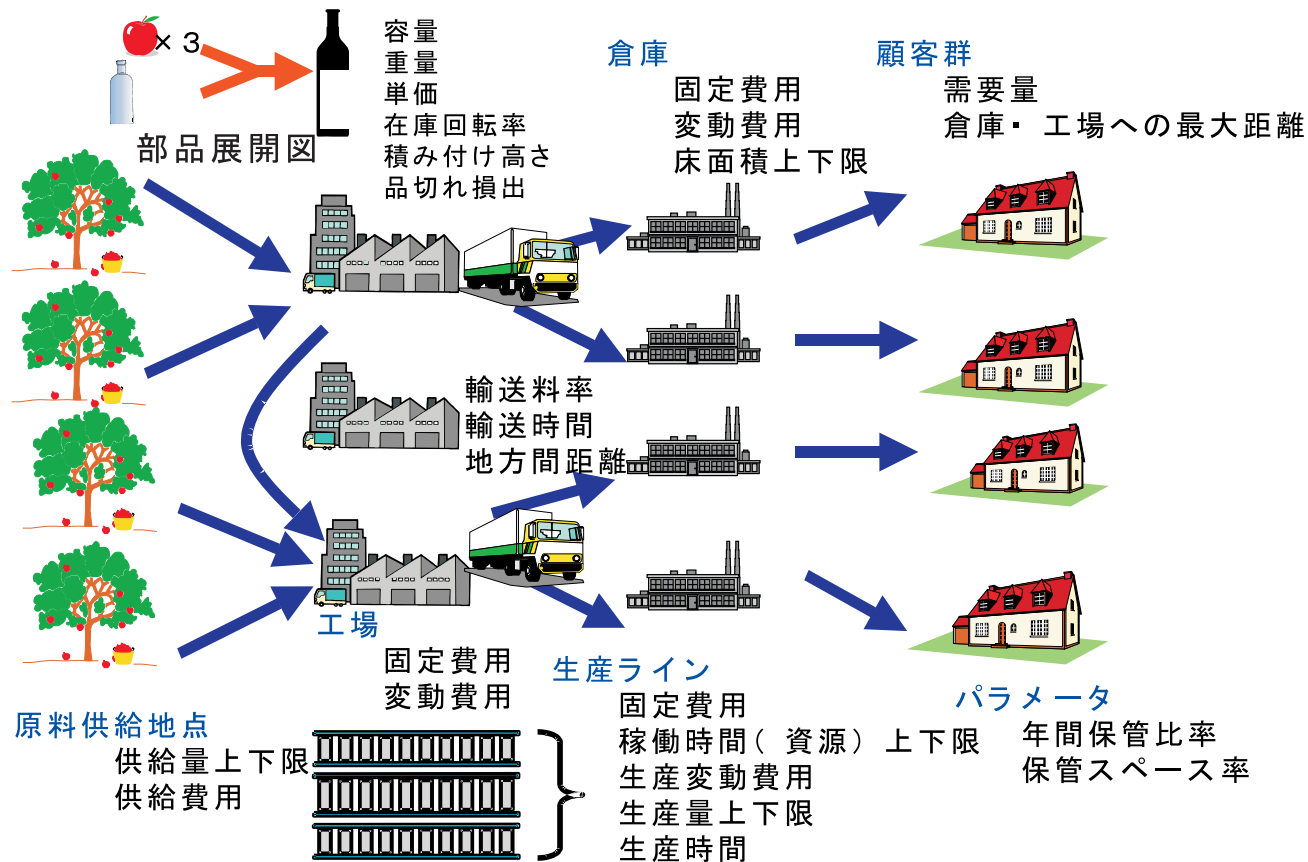


1 ロジスティクス・ネットワーク設計

原料の供給点から需要点までの「もの」の流れを，顧客サービスレベルの制約の下で，数理的に最適化



2 ロジスティクス・ネットワーク設計

1. 各製品群（原材料，部品）をどこから，どれだけ調達するか？ またそのときの輸送経路は？
 2. 各製品群をどこで（どの工場のどの生産ラインで），どれだけ生産するか？
 3. 各製品群をどの倉庫（配送センターや中継拠点の総称）で保管するか？
 4. 各製品群をどのような輸送手段で輸送するか？
 5. 各顧客群の各製品群の需要を，どの地点（倉庫もしくは工場）から運ぶか？
 6. 倉庫をどこに新設するか？（または移転，閉鎖するか？）
 7. 複数の倉庫の候補地点からどれを選択するか？
 8. （新製品投入や顧客の需要の変化に対応するために）どこに工場を新設するか？（または移転，閉鎖するか？）
 9. どのような生産ラインをどこの工場内に新設するか？（または移転，閉鎖するか？）
-
1. 吸収・合併の後のロジスティクス・ネットワークの再編成
 2. 新製品投入時の意思決定（どこで製造して，どのような流通チャネルで流すか）
 3. ロジスティクスにおける戦略的提携（ロジスティクス・パートナーシップ）

3 集合 (1)

実ロジスティクス・オブジェクトを用いたモデル

Prod: 製品群の集合 .

以下に定義する FinalProd , Prod_ℓ , Child_p , Parent_p は , 製品群の集合の部分集合

FinalProd : 最終製品群の集合 . 最終的に顧客群に対して販売される製品群を指す .

Prod_ℓ : 生産ライン ℓ ($\in \text{Line}$) で製造 (加工もしくは通過) 可能な製品群の集合 .

ProdIn_i : 工場 i ($\in \text{Plnt}$) に入ってくる製品群の集合 .

ProdOut_i : 工場 i ($\in \text{Plnt}$) から出ていく製品群の集合 .

Parent_q : 部品展開表における製品群 (部品または材料) q の親製品群の集合 .

Child_r : 部品展開表における製品群 r の子製品群の集合 .

Cust: 顧客群の集合 .

DC: 倉庫の配置可能地点の集合 .

Plnt: 工場の配置可能地点の集合 .

Line: 生産ラインの候補集合 .

Line_i : 工場 i ($\in \text{Plnt}$) に設置可能なラインの集合 .

Sply: 原料の供給地点の集合 .

4 集合 (2)

N: 点の集合 .

供給地点 , 工場 , 倉庫の配置可能地点 , 顧客群の集合をあわせたものを点 (vertex, node, point) とよぶ . 点は , モデルを一般的に記述する際に用いられ , 以下のように生成される .

$$N = \text{Sply} \cup \text{Plnt} \cup \text{DC} \cup \text{Cust}$$

Route: ルートの集合 .

点間において製品群 $p \in \text{Prod}$ の輸送が可能なとき , 発点 , 着点 , 製品群の 3 つ組をルート (route) とよぶ .

Arc: 枝の集合 .

少なくとも 1 つの製品群が移動する可能性のある点の対を枝 (edge, arc, link) とよぶ .

Pattern: 生産パターンの集合 .

生産パターンの集合 Pattern とは , 工場 \times 生産ライン \times 製品群の部分集合であり , 工場 i の生産ライン ℓ ($\in \text{Line}_i$) において製品群 $p \in \text{Prod}_\ell$ が生産可能なとき , $(i, \ell, p) \in \text{Pattern}$ と定義

5 製品群データ

VOL_p : 製品群 p の1単位あたりの容積 (m^3 / unit)

VAL_j^p : 点 j における製品群 p の1単位あたりの単価 (円 / unit)

$VALL_\ell^p$: 生産ライン ℓ で生産(加工)される製品群 p の1単位あたりの単価 (円 / unit)

ITR_{ij}^p : 点 i から点 j に製品群 p を補充する際の, 単位期間あたりの在庫回転率

(inventory turnover ratio)(回 / 単位期間); 「単位期間内のフロー量 / 平均サイクル在庫量」と定義

$ITRL_\ell^p$: 生産ライン ℓ における製品群 p の単位期間あたりの在庫回転率 (回 / 単位期間)

VAR_p : 製品群 p の変動比率 (units); 「需要の分散 / 需要の平均」と定義

$SAFETYDC_j^p$: 倉庫 j における製品群 p の安全在庫係数 (safety stock ratio)(無次元)

$SAFETYL_\ell^p$: 生産ライン ℓ における製品群 p の安全在庫係数 (無次元)

h_{ij}^p : 点 i から点 j へ製品群 p を補充するときのエシェロン在庫費用 (円 / unit · 単位期間)

H_ℓ^p : 生産ライン ℓ ($\in \text{Line}$) において生産される製品群 p ($\in \text{Prod}_\ell$) に対するエシェロン在庫費用 (円 / unit · 単位期間)

$HEIGHT_p$: 製品群 p を保管する際の積み上げの高さの上限 (m)

U_{pq} : 製品群 p を1単位製造するのに必要な製品群 q ($\in \text{Child}_p$) の数 (必要ユニット数) (q -units)

\bar{U}_{pr} : 製品群 p から生成される製品群 r ($\in \text{Parent}_p$) の数 (生成ユニット数) (r -units)

6 供給地点データ

SLB_s^p : 供給地点 s における製品群 p の可能供給量の下限 (units / 単位期間)

SUB_s^p : 供給地点 s における製品群 p の可能供給量の上限 (units / 単位期間)

SC_s^p : 供給地点 s における製品群 p の供給量が SUB_s^p を超えないときの1単位あたりの供給費用 (円 / unit); これは, 供給地点 s における製品群 p の単価に他ならない.

$SPENALTY_s^p$: 供給地点 s における製品群 p の供給量が SUB_s^p を超えたときにかかる, 超過量1単位あたりの超過費用 (円 / unit); 通常は, $SPENALTY_s^p \geq SC_s^p$ を満たす.

7 工場・生産ラインデータ

FC_i : 工場 i の固定費用 (円 / 単位期間)

LFC_ℓ : 生産ライン ℓ を設置する際の固定費用 (円 / 単位期間)

RLB_ℓ : 生産ライン ℓ における資源使用量の下限 (R -units / 単位期間)

RUB_ℓ : 生産ライン ℓ における資源使用量の上限 (R -units / 単位期間)

$ROVERUB_\ell$: (生産ラインを設置すると決めたときの) 生産ライン ℓ における資源超過量の上限 (R -units / 単位期間)

RC_ℓ : 生産ライン ℓ の資源を, RUB_ℓ を超えない範囲で, 1 単位 (1 R -unit) 使用するときを生じる費用 (円 / R -unit)

$RPENALTY_\ell$: 生産ライン ℓ の資源使用量が RUB_ℓ を超えるときに生じる, 1 単位 (1 R -unit) あたりの超過費用 (円 / R -unit)

PC_ℓ^p : 生産ライン ℓ において製品群 p を 1 単位生産するのに必要な費用 (生産変動費用) (円 / unit)

PLB_ℓ^p : 生産ライン ℓ における製品群 p ($\in \text{Prod}_\ell$) の生産量の下限 (units / 単位期間)

PUB_ℓ^p : 生産ライン ℓ における製品群 p ($\in \text{Prod}_\ell$) の生産量の上限 (units / 単位期間)

R_ℓ^p : 生産ライン ℓ において製品群 p ($\in \text{Prod}_\ell$) を 1 単位生産するのに要する資源の使用量 (R -units / unit)

LTL_ℓ^p : 生産ライン ℓ において製品群 p ($\in \text{Prod}_\ell$) を生産するときのリード時間 (単位期間)

8 倉庫・顧客群データ

$DCFC_j$: 倉庫 j の固定費用 (円 / 単位期間)

$DCLB_j$: (倉庫を設置すると決めたときの) 倉庫 j の使用床面積の下限 (m^2)

$DCUB_j$: (倉庫を設置すると決めたときの) 倉庫 j の使用床面積の上限 (m^2)

$DCVC_j$: 倉庫 j の通過量が $DCUB_j$ を超えないときの通過量 $1 m^3$ あたりの変動費用 (円 / m^3)

$DCPENALTY_j$: 倉庫 j の使用床面積が $DCUB_j$ を超えたときに $1 m^2$ ごとにかかる超過費用 (円 / m^2)

D_k^p : 顧客群 k における製品群 p の需要量 (units / 単位期間)

$MaxDist_k^p$: 顧客群 k に製品群 p を供給する倉庫 (もしくは工場, 供給地点) への最大距離 (km)

BOC_k^p : 顧客群 k における製品群 p の 1 単位あたりの品切れ損出 (バックオーダー) 費用 (円 / unit)

9 輸送データとその他のデータ

輸送データ

TC_{ij}^p : 点 i から点 j に製品群 p を 1 単位移動させるときに生じる輸送費用 (円/unit)

LT_{ij}^p : 点 j が点 i に製品群 p を発注したときのリード時間 (単位期間)

その他のデータ

r : 保管費率 (無次元); 以下の量の和:

 利子率 (投資額利率):

 保険料率: 製品の種類および企業の方針によっても異なるが, 通常は 1% から 3% を考える.

 消費費率および陳腐化率: 製品の腐敗, 破損, 目減りなどを考慮して計算

 税率: 在庫に課せられる法的な税率 (日本では 0)

SSR : 保管スペース率 (storage space ratio) (無次元); 倉庫内での様々なオペレーション (ソーティング, ピッキングなど) に必要な面積 (通路や事務面積) を加えた全体の面積が, 製品の占有する面積の何倍かを示す指標

10 変数

実数変数

$x_{ij}^p (\geq 0)$: 枝 (i, j) 上を製品群 p が移動する量 (units / 単位期間); $(i, j, p) \in \text{Route}$ に対してのみ定義される .

$v_s^p (\geq 0)$: 供給地点 s における製品群 p の供給超過量 (units / 単位期間)

$w_{il}^p (\geq 0)$: 工場 i の生産ライン $l (\in \text{Line}_i)$ で製品群 $p (\in \text{Prod}_l)$ を製造 (加工) する量 (units / 単位期間); $(i, l, p) \in \text{Pattern}$ に対してのみ定義される .

$\omega_{il} (\geq 0)$: 工場 i の生産ライン $l (\in \text{Line}_i)$ における上限を超えない範囲での資源使用量 (R -units / 単位期間)

$\Omega_{il} (\geq 0)$: 工場 i の生産ライン $l (\in \text{Line}_i)$ における資源上限を超過した量 (R -units / 単位期間)

$\Psi_j (\geq 0)$: 倉庫 j の使用床面積を超過した量 (m^2 / 単位期間)

$\xi_k^p (\geq 0)$: 顧客群 k における製品群 p の品切れ量 (units / 単位期間)

0-1 整数変数

$y_j (\in \{0, 1\})$: 倉庫もしくは工場 j を稼働させるとき 1, それ以外るとき 0

$z_{il} (\in \{0, 1\})$: 工場 i の生産ライン $l (\in \text{Line}_i)$ を稼働させるとき 1, それ以外るとき 0

11 定式化（目的関数）

実ロジスティクス・ネットワーク設計モデル：

原料供給地点から顧客群までの製品群の移動経路，生産ラインにおける製品群の生産量，ならびに倉庫，工場，生産ラインの設置の有無を決める．

最小化 供給費用 + 供給量超過費用 + 輸送費用 + サイクル在庫費用 +
 工場固定費用 + 生産ライン固定費用 + 生産変動費用 + 資源費用 +
 資源超過費用 + 生産ラインサイクル在庫費用 + 生産ライン安全在庫費用 +
 倉庫固定費用 + 倉庫変動費用 + 倉庫超過費用 + 倉庫安全在庫費用 + 品切れ損出費用

12 定式化（制約）

条件	顧客群の需要の満足条件
	製品群供給量上下限
	倉庫取扱量上下限
	倉庫超過量上限
	倉庫におけるフロー整合条件
	生産ラインの資源使用量下限
	生産ラインにおける生産量と資源使用量の関係
	生産ラインの資源使用量上限
	生産ラインの資源超過量上限
	生産ラインの製品群別生産量上下限
	生産ライン・工場設置の繋ぎ条件
	工場におけるアセンブリ型フロー整合条件
	製造（加工）量と出フロー量の整合条件

13 目的関数の構成要素 (1)

$$\text{供給費用} = \sum_{(s,i,p) \in \text{Route}, s \in \text{Sply}} SC_s^p x_{si}^p$$

$$\text{供給量超過費用} = \sum_{(s,i,p) \in \text{Route}, s \in \text{Sply}} SPENALTY_s^p v_s^p$$

$$\text{輸送費用} = \sum_{(i,j,p) \in \text{Route}} TC_{ij}^p x_{ij}^p$$

$$\text{サイクル在庫費用} = \sum_{(j,k,p) \in \text{Route}} h_{jk}^p \frac{x_{jk}^p}{ITR_{jk}^p}$$

$$\text{工場固定費用} = \sum_{j \in \text{Plnt}} FC_j y_j$$

14 目的関数の構成要素 (2)

$$\text{生産ライン固定費用} = \sum_{\ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}} LFC_{\ell} z_{il}$$

$$\text{生産変動費用} = \sum_{p \in \text{Prod}_{\ell}, \ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}} PC_{\ell}^p w_{il}^p$$

$$\text{資源費用} = \sum_{\ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}} RC_{\ell}^p w_{il}$$

$$\text{資源超過費用} = \sum_{\ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}} RPENALTY_{\ell}^p \Omega_{il}$$

$$\text{生産ラインサイクル在庫費用} = \sum_{p \in \text{Prod}_{\ell}, \ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}} H_{\ell}^p \frac{w_{il}^p}{ITRL_{il}^p}$$

15 目的関数の構成要素 (3)

$$\text{生産ライン安全在庫費用} = \sum_{p \in \text{Prod}_\ell, \ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}} r \text{VAL}_\ell^p \text{SAFETY} L_\ell^p \sqrt{\text{VAR}_p \text{LTL}_\ell^p w_{i\ell}^p}$$

$$\text{倉庫固定費用} = \sum_{j \in \text{DC}} \text{DCFC}_j y_j$$

$$\text{倉庫変動費用} = \sum_{(j,k,p) \in \text{Route}, j \in \text{DC}} \text{DCVC}_j \text{VOL}_p x_{jk}^p$$

$$\text{倉庫超過費用} = \sum_{j \in \text{DC}} \text{DCPENALTY}_j \Psi_j$$

$$\text{倉庫安全在庫費用} = \sum_{(i,j,p) \in \text{Route}, j \in \text{DC}} r \text{VAL}_j^p \text{SAFETY} \text{DC}_j^p \sqrt{\text{VAR}_p \text{LT}_{ij}^p x_{ij}^p}$$

$$\text{品切れ損出費用} = \sum_{k \in \text{Cust}, p \in \text{FinalProd}} \text{BOC}_k^p \xi_k^p$$

16 制約条件 (1)

顧客群の需要量の満足条件

$$\sum_{j:(j,k,p) \in \text{Route}} x_{jk}^p + \xi_k^p = D_k^p \quad \forall k \in \text{Cust}, p \in \text{FinalProd}$$

製品群供給量上下限

$$SLB_s^p \leq \sum_{i:(s,i,p) \in \text{Route}} x_{si}^p \leq SUB_s^p + v_s^p \quad \forall s \in \text{Sply}, p \in \text{Prod}$$

倉庫取扱量上下限

$$DCLB_j y_j \leq \sum_{(i,p):(i,j,p) \in \text{Route}} \frac{VOL_p SSR}{HEIGHT_p} \left(\frac{x_{ij}^p}{ITR_{ij}^p} + SAFETY DC_j^p \sqrt{VAR_p LT_{ij}^p x_{ij}^p} \right) \leq DCUB_j y_j + \Psi_j \quad \forall j \in \text{DC}$$

倉庫超過量上限

$$\Psi_j \leq M y_j \quad \forall j \in \text{DC}$$

17 制約条件 (2)

倉庫におけるフロー整合条件

$$\sum_{i:(i,j,p) \in \text{Route}} x_{ij}^p = \sum_{k:(j,k,p) \in \text{Route}} x_{jk}^p \quad \forall j \in \text{DC}, p \in \text{Prod}$$

生産ラインの資源使用量下限

$$RLB_{\ell} z_{il} \leq \sum_{p:(i,\ell,p) \in \text{Pattern}} R_{\ell}^p w_{il}^p \quad \forall \ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}$$

生産ラインにおける生産量と資源使用量の関係

$$\sum_{p:(i,\ell,p) \in \text{Pattern}} R_{\ell}^p w_{il}^p = \omega_{il} + \Omega_{il} \quad \forall \ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}$$

生産ラインの資源使用量上限

$$\omega_{il} \leq RUB_{\ell} z_{il} \quad \forall \ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}$$

18 制約条件 (3)

生産ラインの資源超過量上限

$$\Omega_{il} \leq ROVERUB_{\ell} z_{il} \quad \forall \ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}$$

生産ラインの製品群別生産量上下限

$$PLB_{\ell}^p z_{il} \leq w_{il}^p \leq PUB_{\ell}^p z_{il} \quad \forall \ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}, p \in \text{Prod}_{\ell}$$

生産ライン・工場設置の繋ぎ条件

$$z_{il} \leq y_i \quad \forall \ell \in \text{Line}_i, i \in \text{Plnt}$$

19 制約条件 (4)

工場におけるアセンブリ型フロー整合条件

$$\sum_{(s,i,q) \in \text{Route}} x_{si}^q = \sum_{l:(i,l,q) \in \text{Pattern}} w_{il}^q + \sum_{(p,l):(i,l,p) \in \text{Pattern}, p \in \text{Parent}_q} U_{pq} w_{il}^p \quad \forall q \in \text{ProdIn}_i, i \in \text{Plnt}$$

製造（加工）量と出フロー量の整合条件

$$\sum_{l:(i,l,r) \in \text{Pattern}} w_{il}^r + \sum_{(i,l,p) \in \text{Pattern}, p \in \text{Child}_r} \bar{U}_{pr} w_{il}^p = \sum_{j:(i,j,r) \in \text{Route}} x_{ij}^r \quad \forall r \in \text{ProdOut}_i, i \in \text{Plnt}$$

20 グローバル・ロジスティクス・ネットワーク設計モデル

1. 輸送時間ならびにリード時間が長く，需要，為替など不確実性が大きい．
2. テロ，災害，事故などの様々なリスク要因を考慮する必要がある．
3. 関税，関税控除，国産化率などを考慮して製品の調達や生産を考える必要がある．
4. 国ごとに法人税率が異なるため，移転価格を調節して利益の配分を合法的に行う必要がある．

地域経済統合（以下では国家群とよぶ）：NAFTA（北米自由貿易協定），EU（欧州連合），AFTA（ASEAN自由貿易地域），APEC（アジア太平洋経済協力）などの地域統合

関税：国家群の境を跨いで物資を流す場合に課される税金

関税控除：一定の条件を満たしたときに関税の一部が返還されること

国産化率：国内において付加された価値の合計が，その国で売られた製品の総価値の一定割合以上

21 記号（集合）

N : 国の集合 .

NG : 国家群の集合 .

$NationInNG_o$: 国家群 o に含まれる国の集合

$NodeInNation_n$: 国 n に含まれるノードの集合

国家群 o の内部にあるノードの集合 $NodeInNG_o$ および外側のノードの集合 $NodeOutNG_o$

$$NodeInNG_o = \bigcup_{n \in NationInNG_o} NodeInNation_n$$

$$NodeOutNG_o = N \setminus NodeInNG_o$$

国家群 o から輸出する製品群の集合 $ProdExport_o$ および国家群 o から d へ輸出される製品群の集合 $ProdBetween_{od}$

$$ProdExport_o = \{p \in Prod \mid i \in NodeInNG_o, j \in NodeOutNG_o, (i, j, p) \in Route\}$$

$$ProdBetween_{od} = \{p \in Prod \mid i \in NodeInNG_o, j \in NodeInNG_d, (i, j, p) \in Route\}$$

$Decendant_{po}$: 国家群 o で生産（加工）される製品群 p の子孫の集合

$Ancestor_{po}$: 国家群 o で生産（加工）される製品群 p の先祖の集合

22 入力データ

輸送データ

TC_{ij}^p : 通常の輸送費用を以下のように再定義する。ノード i からノード j に製品群 p を1単位移動させるときに生じる輸送費用に、輸送中の在庫費用（パイプライン在庫費用；保険費用を含む）および関税を加えた費用（円/unit）

グローバル部品展開表データ

$UNIT_{pq}$: 製品群 p を1単位生産するために必要な製品群 q ($\in \text{Decendant}_p$) の量（ q -units）

ローカル・コンテンツデータ

$ADDV_{ip}$: 製品群 p を工場 i で生産する際に付加された価値（円 / unit）

$EADDV_{np}$: 国 n において製品群 p を生産する際に付加された価値の期待値（円 / unit）

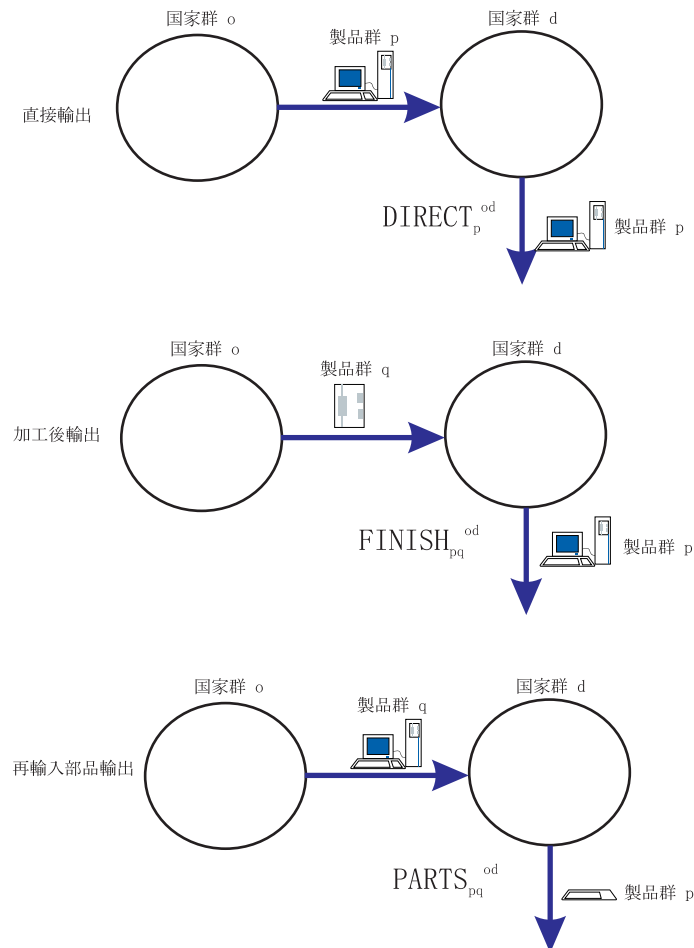
$LOCAL_n$: ローカル・コンテンツ（国産化）率（無次元）

23 関税データ

$DUTYDIRECT_p^{od}$: 直接輸出関税控除 (円 / unit)

$DUTYFINISH_{pq}^{od}$: 加工後再輸出関税控除 (円 / p -unit)

$DUTYPARTS_{pq}^{od}$: 再輸入部品輸出関税控除 (円 / p -unit)



24 変数と目的関数

変数

$DIRECT_p^{od}$: 直接輸出量 (円 / unit)

$FINISH_{pq}^{od}$: 加工後再輸出量 (円 / p-unit)

$PARTS_{pq}^{od}$: 再輸入部品輸出量 (円 / p-unit)

目的関数から以下の項 (関税控除) を減じる

$$\begin{aligned} \text{関税控除} = & \sum_{p \in \text{Prod}, o, d \in \text{NG}, o \neq d} DUTY DIRECT_p^{od} DIRECT_p^{od} + \\ & \sum_{p \in \text{Prod}, q \in \text{Decendant}_{pd}, o, d \in \text{NG}, o \neq d} DUTY FINISH_{pq}^{od} FINISH_{pq}^{od} + \\ & \sum_{p \in \text{Prod}, q \in \text{Ancestor}_{pd}, o, d \in \text{NG}, o \neq d} DUTY PARTS_{pq}^{od} PARTS_{pq}^{od} \end{aligned}$$

25 制約条件 (1)

関税控除条件 1

$$\sum_{(i,j,p) \in \text{Route}, i \in \text{NodeInNG}_d, j \in \text{NodeOutNG}_d} x_{ij}^p \geq \sum_{o \in \text{NG} \setminus \{d\}} \text{DIRECT}_p^{od} + \sum_{o \in \text{NG} \setminus \{d\}, q \in \text{Decendant}_{pd}} \text{FINISH}_{pq}^{od} + \sum_{o \in \text{NG} \setminus \{d\}, q \in \text{Ancestor}_{pd}} \text{PARTS}_{pq}^{od} \quad \forall p \in \text{ProdExport}_d, d \in \text{NG}$$

国家群 d から他の国家群に輸出される製品群 p の直接輸送量，加工後再輸出量，および再輸入部品輸送量の和が，国家群 d から輸出される製品群 p の総量を超えない

26 制約条件 (2)

関税控除条件 2

$$\sum_{(i,j,p) \in R, i \in \text{NodeInNG}_o, j \in \text{NodeInNG}_d} x_{ij}^p \geq$$
$$DIRECT_p^{od} + \sum_{q \in \text{Ancestor}_{pd}} UNIT_{qp} FINISH_{qp}^{od} +$$
$$\sum_{q \in \text{Decendant}_{pd}} \frac{PARTS_{qp}^{od}}{UNIT_{pq}} \quad \forall p \in \text{ProdBetween}_{od}, o, d \in \text{NG}, o \neq d$$

国家群 o から国家群 d へ輸出される製品群 p の直接輸送量， d から加工後再輸出される製品群 q の部品として用いられている製品群 p の量，および d から再輸入部品輸出される製品群 q の完成品として再輸入される製品群 p の量の和が，国家群 o から国家群 d に輸出される製品群 p の総量を超えない

27 制約条件 (3)

ローカル・コンテンツ条件

$$\sum_{i \in N_n, i \in \text{Plnt}, p \in \text{Prod}} ADDV_{ip} \sum_{\ell \in \text{Line}_i} w_{i\ell}^p \geq \sum_{k \in N_n, k \in \text{Cust}, p \in \text{Prod}} LOCAL_n E ADDV_{pn} D_k^p \quad \forall n \in N$$

その他の条件

移転価格 (transfer price): ある国で製造した製品を, 別の国に属する同じ企業体の別部門に輸送したときの (内部) 価格 (国別の法人税が異なるので, この設定によって税額が変化する.)

不確実性に対するリスク回避 (柔軟性, ロバスト性) を考慮